

核技术利用建设项目

浙江九腾包装材料有限公司辐照加速器
扩建项目环境影响报告表
(公示稿)

浙江九腾包装材料有限公司

2023年9月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

浙江九腾包装材料有限公司辐照加速器
扩建项目环境影响报告表

(公示稿)

建设单位名称：浙江九腾包装材料有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省嘉兴市嘉善县惠民街道惠新大道 123 号

邮政编码：314100 联系人：金*平

电子邮箱：/ 联系电话：137****0068

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	7
表 3 非密封放射性物质.....	7
表 4 射线装置.....	8
表 5 废弃物.....	9
表 6 评价依据.....	10
表 7 保护目标与评价标准.....	12
表 8 环境质量和辐射现状.....	15
表 9 项目工程分析与源项.....	18
表 10 辐射安全与防护.....	22
表 12 辐射安全管理.....	51
表 13 结论.....	55

表 1 项目基本情况

建设项目名称		浙江九腾包装材料有限公司辐照加速器扩建项目			
建设单位		浙江九腾包装材料有限公司			
法人代表	金*平	联系人	金*平	联系电话	137****0068
注册地址		浙江省嘉兴市嘉善县惠民街道惠新大道 123 号			
项目建设地点		浙江省嘉兴市嘉善县惠民街道惠新大道 123 号（浙江九腾包装材料有限公司 5#生产车间内）			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	1500	项目环保投资（万元）	100	投资比例（环保投资/总投资）	6.67%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		建筑面积（m ² ）	-
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
其它	无				
1.1 项目概述					
1.1.1 建设单位情况					
<p>浙江九腾包装材料有限公司（以下简称“公司”，营业执照见附件 1）成立于 2010 年 6 月 28 日，位于浙江省嘉兴市嘉善县惠民街道惠新大道 123 号，是一家以从事橡胶和塑料制品业为主的企业，公司经营范围为：一般项目：塑料制品制造；塑料制品销售；包装材料及制品销售；劳动保护用品销售；医用口罩批发；医护人员防护用品批发；日用口罩（非医用）销售；五金产品批发；五金产品零售；第一类医疗器械销售；第二类医疗器械销售；卫生用品和一次性使用医疗用品销售；特种劳动防护用品销售；医用口罩零售；物业管理；电线、电缆经营；机械零件、零部件销售；金属制品销售；化工产品销售（不含许可类化工产品）；针纺织品销售；</p>					

服装服饰批发；包装服务；橡胶制品销售；包装专用设备制造；包装专用设备销售（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）。许可项目：货物进出口；进出口代理；第三类医疗器械经营（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以审批结果为准）。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

2020年，浙江九腾包装材料有限公司在惠民街道惠新大道123号内浙（2018）嘉善县不动产权第0022137号地块及房屋（不动产权证书见附件2）拟实施扩建年产聚烯烃热收缩膜7200吨技改项目，项目建成年产聚烯烃热收缩膜7200吨的生产能力，引进二条宽幅高速吹膜生产线，新增吹膜机、印刷机设备，利用原厂区面积3000平方米。该项目已于2020年11月16日取得嘉善经济技术开发区管理委员会《浙江省工业企业“零土地”技术改造备案通知书》（备案通知书见附件3），项目代码2011-330421-99-02-186171。

2021年，浙江九腾包装材料有限公司委托浙江瀚邦环保科技有限公司编制了《浙江九腾包装材料有限公司扩建年产聚烯烃热收缩膜7200吨技改项目环境影响报告表》，并于2021年6月29日取得了《浙江九腾包装材料有限公司扩建年产聚烯烃热收缩膜7200吨技改项目环境影响报告表审批意见》（嘉环（善）建[2021]078号，审批意见见附件4）。

为配套扩建年产聚烯烃热收缩膜7200吨技改项目建设内容，公司拟在浙江省嘉兴市嘉善县惠民街道惠新大道123号5#生产车间内建设3间辐照室，并配置3台型号为AB1.2-40的辐照加速器（电子能量1.2MeV，额定电流40mA）用于辐照改性。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年版）：辐射工作单位在申请领取辐射安全许可证前，应当组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报环境保护主管部门审批。对照《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017年第66号），本项目根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第16号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，故应编制环境影响报告表。为保护环境，保障公众健康，浙江九腾包装材料有限公司委托杭州旭辐检测技术有限公司对本项目进行辐射环境影响评价（委托书见附件5）。

杭州旭辐检测技术有限公司在对该公司加速器机房拟建址进行辐射环境背景检测和现场调查的基础上，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1—2016)，编制该项目的辐射环境影响报告表。

1.1.3 项目建设规模

经与建设单位核实，建设单位拟在浙江省嘉兴市嘉善县惠民街道惠新大道 123 号浙江九腾包装材料有限公司 5#生产车间内扩建 3 间加速器机房，共配置 3 台型号为 AB1.2-40 的辐照加速器（电子能量 1.2MeV，额定电流 40mA），为 II 类射线装置，用于辐照改性。

1.2 项目选址及周边保护目标

1.2.1 建设单位地理位置

公司注册地址位于浙江省嘉兴市嘉善县惠民街道惠新大道 123 号，项目东侧为浙江东一线业有限公司；南侧为惠新大道，隔路为嘉善鼎盛木业有限公司和浙江凯利玛门窗科技有限公司；西侧为河道；北侧为农田，详见附图 1、2（地理位置示意图见附图 1，项目总平面图见附图 2，周边环境现状图见附图 3）。

1.2.2 辐射工作场所地理位置

本项目拟建的 1-3 号加速器机房位于浙江九腾包装材料有限公司 5#生产车间内西北侧，加速器辐照室位于地上 1 层，主机室位于地上 2 层。该加速器机房东北侧往外依次为厂区道路、拉伸塔和 1 号-2 号制膜车间，东南侧为 5#生产车间空地、厂区道路和 3#仓库，西南侧往外依次为挤出机、厂区道路和 4#分切对折车间，西侧为道路和河道。评价范围 50m 内无自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区、居民住宅及学校等环境敏感保护目标。该加速器机房所在 5#生产车间布置图见附图 4，5#生产车间现场状况图见附图 5，未存在未批先建等问题。

1.2.3 选址合法性、合理性分析

（1）土地利用总体规划符合性、区域规划符合性分析

本项目位于浙江省嘉兴市嘉善县惠民街道惠新大道 123 号 5#生产车间，不新增用地，属于 ZH33042120005 嘉善县惠民街道产业集聚重点管控单元，用地性质为工业用地，符合土地利用要求（浙江省嘉兴市嘉善县环境管控单元图见附图 6）。

（2）产业政策符合性分析

该项目为核技术利用项目，不属于二类、三类工业项目，根据《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修订），本项目的建设属于第六项“核能”中第6款“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业。因此，项目建设符合产业政策要求。

1.2.4 与“三线一单”的符合性分析

（1）与生态保护红线的符合性分析

根据《嘉善县“三线一单”生态环境分区管控方案》，本工程不涉及生态保护红线区。

（2）与环境质量底线的符合性分析

根据《浙江省水功能区水环境功能区划分方案》（浙江省环境保护厅 浙江省水利厅 2016年2月），本工程不涉及饮用水源等水环境功能区。

本工程所在地执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。根据环境影响评价章节，施工对建设项目周围的环境空气影响很小，营运期产生废气对建设项目周围的环境空气影响很小，不会导致项目所在地大气环境质量下降。

本工程的建设利用原有5#生产车间进行改建，仅为简单的机房建造，占地较小，无临时占地，本工程的实施不会改变所在地土壤性质。

综上所述，本项目的实施不会对周边水、大气、土壤环境产生明显的不利影响。因此，工程建设符合环境质量底线要求。

（3）与资源利用上线的符合性分析

本项目为核技术利用项目，不新增土地指标，仅涉及电力和水资源利用，工程建设符合资源利用上线的要求。

（4）与环境管控单元准入清单的符合性分析

根据《嘉善县“三线一单”生态环境分区管控方案》，本工程管控单元分类为ZH33042120005嘉善县惠民街道产业集聚重点管控单元（相关环境管控单元准入清单见表1-1）。

表 1-1 相关环境管控单元准入清单

“三线一单”环境管控单元—单元管控空间属性			管控要求			
环境管控单元	环境管控单元	管控单元分类	空间布局约束	污染物排放管控	环境风险防控	资源开发效率要求

编码	名称					
ZH33042120005	善惠街产业集聚重点管控单元	产业集聚重点管控单元	<p>1.优化产业布局 and 结构，实施分区差别化的产业准入条件。</p> <p>2.合理规划布局三类工业项目，控制三类工业项目布局范围和总体规模，对不符合嘉善县重点支持产业导向的三类工业项目禁止准入，鼓励对现有三类工业项目进行淘汰和提升。</p> <p>3.提高电力、化工、印染、造纸、化纤等重点行业环保准入门槛，控制新增污染物排放量。</p> <p>4.新建涉 VOCs 排放的工业企业全部进入工业功能区，严格执行相关污染物排放量削减替代管理要求。</p> <p>5.所有改、扩建耗煤项目，严格执行相关新增燃煤和污染物排放减量替代管理要求，且排污强度、能效和碳排放水平必须达到国内先进水平。</p> <p>6.合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生态绿地等隔离带。</p>	<p>1.严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。</p> <p>2.新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。</p> <p>3.加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。</p> <p>4.加强土壤和地下水污染防治与修复。</p>	<p>1.定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境和健康风险。</p> <p>2.强化工业集聚区企业环境风险防范设施建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。</p>	<p>推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，推进节水型企业、节水型工业园区建设，落实煤炭消费减量替代要求，提高资源利用效率。</p>

本项目为核技术利用项目，不属于二类、三类工业项目，不涉及总量控制指标，不属于重点环境风险管控企业，工程符合相关管控单元准入清单要求。

1.3 原有核技术利用项目许可情况

1.3.1 原有核技术利用许可情况

2010年，建设单位委托杭州发久环保科技有限公司编制了《浙江九腾包装材料有限公司放射性测厚仪建设项目辐射环境影响登记表》，拟建设5台放射性薄膜

测厚仪（每台测厚仪含 241-Am 源一枚，出厂活度为 $5.55 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属 IV 类源）并于 2010 年 12 月 16 日取得《关于浙江九腾包装材料有限公司放射性测厚仪建设项目辐射环境影响登记表的批复》（善环辐[2020]12 号，批复见附件 6）。现已建设 4 台放射性薄膜测厚仪，并于 2012 年 11 月，取得验收批复（善环监报告第 2012140 号），2014 年 2 月取得验收批复（善环监报告第 204011 号）。

2021 年 2 月 10 日，建设单位按环评规模申领《辐射安全许可证》（浙环辐证[F2082]，详见附件 7）。

在历年运行中，建设单位成立了环境保护工作领导小组，并制定了以下规章制度：《安全操作规程》《岗位职责》《辐射防护和安全保卫制度》《设备检修维护制度》《仪器使用登记制度》《自行检查制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射事故应急预案》等制度，均能满足根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求。现有设备每年请有资质的单位进行一次 X- γ 辐射剂量检测，监测数据每年年底向当地生态环境部门上报备案，并且该项目严格按照生态环境部门的要求，进行每三个月一次内部安全自查及环境监测记录。

公司现有 4 名辐射工作人员，均取得了辐射安全上岗证，并建立了职业健康档案和个人剂量档案。在历年运行过程中，未出现辐射工作人员剂量超标事故、职业健康事故和一些其他辐射事件。辐射工作人员一览表见表 1-2。

表 1-2 辐射工作人员一览表

姓名	性别	培训证号	有效期截止
蔡榜丛	男	FS21ZJ1400101	2026 年 03 月 25 日
沈良	男	FS20ZJ1400148	2025 年 11 月 30 日
徐川杰	男	FS21ZJ1400100	2026 年 03 月 25 日
徐建新	男	FS20ZJ1400149	2025 年 11 月 30 日

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) 活度 (Bq) × 枚数	类别	活度种类	用途	使用场所	贮存方式 与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	辐照加速器	II类	3	AB1.2-40	电子	1.2	40	辐照改性	5#生产车间内	本次环评

表 5 废弃物

名称*	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	直接进入大气，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气
氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	直接进入大气

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³，年排放总量为 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规 文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月；</p> <p>(2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月；</p> <p>(3) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年；</p> <p>(4) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（第二次修正）》，国务院令第 449 号，2019 年 3 月 2 日修正；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，于 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《浙江省辐射环境管理办法》（2021 年 2 月 10 日修正），省政府令第 289 号；</p> <p>(10) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，（2021 年 2 月 10 日修正），浙江省人民政府令第 364 号；</p> <p>(11) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日；</p> <p>(12) 浙江省生态环境厅关于发布《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2023 年本）》的通知，浙环发〔2023〕33 号，2023 年 8 月 9 日。</p>
----------	--

<p>技术标准</p>	<p>(1)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1—2016)</p> <p>(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)</p> <p>(3)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)</p> <p>(4)《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)</p>
<p>其它</p>	<p>附件 1: 营业执照</p> <p>附件 2: 不动产权证书</p> <p>附件 3: 浙江省工业企业“零土地”技术改造项目备案通知书</p> <p>附件 4: 浙江九腾包装材料有限公司扩建年产聚烯烃热收缩膜 7200 吨技改项目环境影响报告表审批意见</p> <p>附件 5: 委托书</p> <p>附件 6: 关于浙江九腾包装材料有限公司放射性测厚仪建设项目辐射环境影响登记表的批复</p> <p>附件 7: 浙江九腾包装材料有限公司辐射安全许可证</p> <p>附件 8: 检验检测机构资质认定证书</p> <p>附件 9: 检测报告</p> <p>附件 10: 专家意见表及修改索引</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目污染为能量流污染，根据能量流的传播与距离相关的特性，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016) 的相关规定，确定以加速器辐照室周围 50m 作为评价范围。

保护目标

本项目拟新增辐射工作人员 4 名。环境保护目标为评价范围内活动的辐射工作人员、非辐射工作人员和公众成员，周围环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目周围环境保护目标

场所	方位	保护目标	位置描述	距离(m)	人数
1-3 号 加速器 机房	东北侧	非辐射工作人员	厂区道路	/	不定
		非辐射工作人员	拉伸塔	2	12 人
		非辐射工作人员	1 号-2 号制膜车间	10	12 人
	东南侧	辐射工作人员	5 号生产车间空地	/	4 人
		非辐射工作人员	厂区道路	34	不定
		非辐射工作人员	3#仓库	45	6 人
	西南侧	非辐射工作人员	厂区道路	/	不定
		非辐射工作人员	挤出机	3	3 人
		非辐射工作人员	4 号分切对折车间	20	16 人
	西北侧	非辐射工作人员	厂区道路	/	不定
		/	河道	/	/
	上方	/	主机室楼顶	紧邻	/
	下方	/	辐照室地下	紧邻	/

评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

①防护与安全的最优化

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射,应使防护与安全最优化,使得在考虑了经济和社会因素之后,个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平;这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件(治疗性医疗照射除外)。

②剂量限制

第 4.3.2.1 款,应对个人受到的正常照射加以限制,以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外,由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B(标准的附录 B)中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1 剂量限值(标准的附录 B)

第 B1.1.1.1 款,应对任何工作人员的_{职业照射水平}进行控制,使之不超过下述限值:

a)由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均), 20mSv; 本项目取其四分之一即 5mSv 作为剂量约束值。

第 B1.2 款, 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值:

a) 年有效剂量, 1mSv; 本项目取其十分之一即 0.1mSv 作为剂量约束值。

(2) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)

本标准适用于辐射加工用能量不高于 10MeV 的电子束辐照装置和能量不高于 5MeV 的 X 射线辐照装置。

4.2 辐射防护要求

4.2.1 辐射防护原则

(3) 个人剂量约束

辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量限制应满足 GB18871 的要求。在电子加速器辐照装置的工程设计中，辐射防护的剂量约束值规定为：

- a) 辐射工作人员个人年有效剂量为 5mSv；
- b) 公众成员个人年有效剂量为 0.1mSv。

4.2.2 辐射屏蔽设计依据

电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。如屏蔽体外为社会公众区域，屏蔽设计必须符合公众成员个人剂量约束值规定。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

公司注册地址位于浙江省嘉兴市嘉善县惠民街道惠新大道 123 号，项目东侧为浙江东一线业有限公司；南侧为惠新大道，隔路为嘉善鼎盛木业有限公司和浙江凯利玛门窗科技有限公司；西侧为河道；北侧为农田。

本项目拟建的 1-3 号加速器机房位于浙江九腾包装材料有限公司 5#生产车间西北侧，加速器机房共 2 层，辐照室位于地上 1 层，主机室位于地上 2 层。该加速器机房东北侧往外依次为厂区道路、拉伸塔和 1 号-2 号制膜车间，东南侧为 5#生产车间空地、厂区道路和 3#仓库，西南侧往外依次为挤出机、厂区道路和 4#分切对折车间，西侧为道路和河道。评价范围 50m 内无自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区、居民住宅及学校等环境敏感保护目标。

8.2 辐射环境现状

(1) 检测目的

掌握浙江九腾包装材料有限公司加速器机房拟建址及其周围的辐射环境背景水平，为现状评价提供基础数据。

(2) 检测内容

根据污染因子分析，建设单位委托杭州旭辐检测技术有限公司对加速器机房拟建址进行了辐射环境背景水平的现场检测。

(3) 检测点位

按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》的要求，结合现场条件，对加速器机房拟建址进行布点检测。检测点位布点详见图 8-1。

(4) 检测仪器与规范

检测仪器的参数与规范见表 8-1。

(5) 检测方案

- 1、检测单位：杭州旭辐检测技术有限公司
- 2、检测日期：2023 年 8 月 8 日
- 3、检测方式：现场检测
- 4、检测依据：环境 γ 辐射剂量率测量技术规范 HJ 1157—2021
- 5、检测频次：依据 HJ 1157—2021 标准予以确定

6、检测工况：辐射环境本底

7、天气环境条件：温度：30℃；相对湿度：67%；天气状况：晴。

8、检测设备：见表8-1

表 8-1 X、 γ 剂量当量率仪参数与规范

仪器设备名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器设备型号	451P
仪器编号	JC90-05-2020
能量响应	>25keV
量程	0~50mSv/h
检定机构	上海市计量测试技术研究院
检定证书号	2023H21-10-4724880001
有效期	2023 年 7 月 28 日-2024 年 7 月 27 日

(6) 质量保证措施

- a.合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性。
- b.检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持有合格证书上岗。
- c.检测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- d.由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- e.检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。
- f.检验检测机构具有资质认定计量认证证书（证书编号：181112051740，检测资质见附件 8）。

(7) 检测结果

本次评价的浙江九腾包装材料有限公司加速器机房拟建址周围的辐射环境背景水平检测结果见表 8-2，检测报告见附件 9。

由表 8-2 的检测结果可知，该公司加速器机房拟建址各检测点位的辐射剂量率在 96~108nGy/h 之间。根据《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，可知嘉兴市建筑物室内 γ 辐射剂量率在 76~271nGy/h 之间，该拟建址的 γ 辐射本底水平未见异常。

表 8-2 加速器机房拟建址及其周围辐射环境背景检测结果*

检测点位	检测点位描述	检测结果 (nGy/h)	
		平均值	标准差
▲1	1#、2#、3#加速器机房拟建址西南侧	108	12
▲2	1#、2#、3#加速器机房拟建址西北侧	96	24
▲3	1#、2#、3#加速器机房拟建址东北侧	96	12
▲4	2#加速器机房拟建址中间	96	12
▲5	1#、2#、3#加速器机房拟建址东南侧	108	12

*1.检测结果未扣除宇宙射线的响应贡献值(15nGy/h); 2.本次检测设备测量读数的空气比稀动能和周围剂量当量率的换算系数参照 JG393, 使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时, 换算系数取 1.20Sv/Gy。

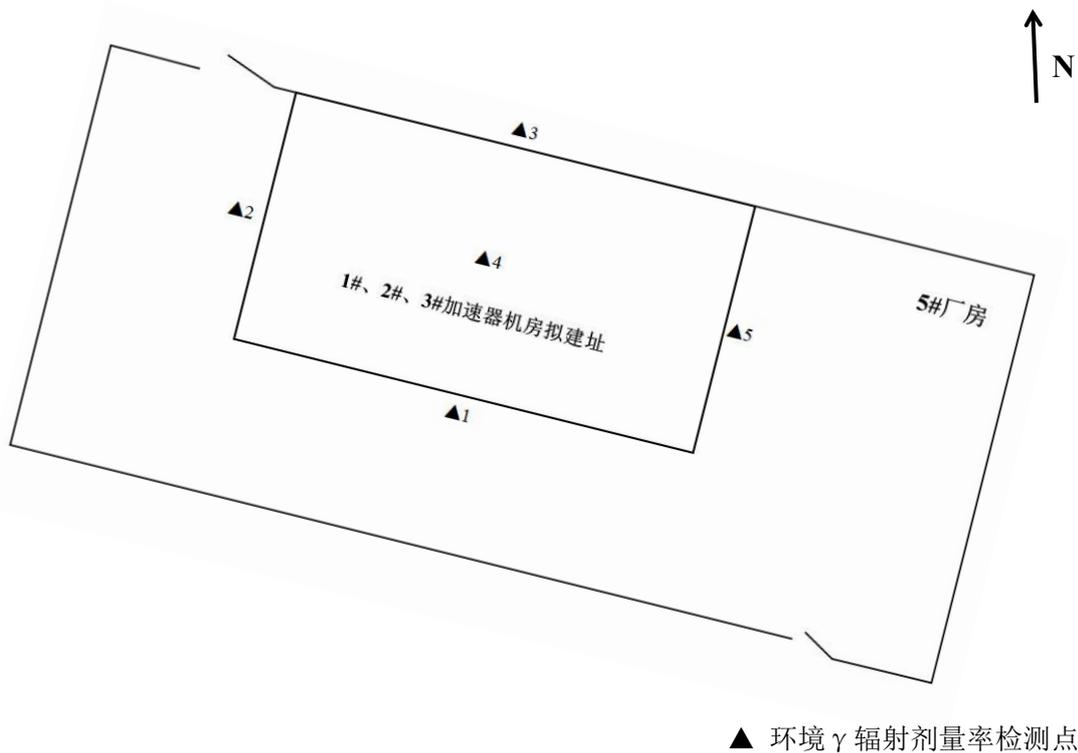


图 8-1 加速器机房拟建址及其周围检测位点示意图

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 电子加速器工作原理

本项目加速器拟采购 AB1.2-40 电子加速器，电子束能量为 1.2MeV，束流强度为 40mA。

AB 型高频高压加速器是一种能产生高能电子束流的装置。其基本原理是：高频振荡器通过高压电缆，将 150kHz 的高频电能输送给高频变压器初级，在次级可最高获得约 150kV 左右的高频电压，再将此电压加在射频电极上。射频电极与加速器主体上的耦合环相互对应，构成空间耦合电容，高频功率通过该耦合电容分别加到主体上的各个整流盒上，此时每一个耦合环上得到 50kV 直流高压，由于各级串联，电压叠加，从而在高端获得很高的电压，用它加速电子，便可以获得所需要的高能强流电子射线。高频电磁场使电子束加速结构不断获得微波电磁能而使电子束得到聚束和加速，最后加速的高能、高功率的电子束从加速器出口输出，进入扫描空间，利用磁场力将成束的电子扫开成一定的宽度，从薄的金属膜构成的输出窗引出，对运动的被照物品进行辐照，从而达到提高稳定性的目的，而且被辐照后的物品还不会残留任何放射性。

AB 型加速器基本上由四大部分组成：1、加速器主机；2、高频振荡器；3、加速器控制系统；4、加速器辅助系统。其中加速器主机组成包括：1) 高压发生器系统（包括：钢筒、主体部件、高频变压器、射频电极及绝缘气体等）；2) 束流系统（包括：束流产生、聚焦、加速和输运、扫描及输出各部分）；3) 真空系统（包括：前后级真空泵、管道阀门及真空测量）。

该加速器与其它类型的加速器相比较，优点如下：1、由于高压发生器是“并联供电串联放电”，它的级数可以用的很多，因此它具有输出电压高、电流强，输出功率大、负载压降小的优点。2、该加速器中没有储能器件，极间电容小，高压主绝缘采用气体绝缘，因此偶尔的放电不会带来损坏，所以故障率低是其它类型加速器所不及的。3、采用 N₂、CO₂ 作为绝缘气体，来源方便，价格低廉，还可以省去庞大的气体回收系统，运行成本低。4、AB 型高频高压加速器规格齐全，适合辐射加工的各种应用。加速器主体结构示意图见图 9-1。

一、加速器主机
高压发生器系统（包括：钢筒、主体部件、射频变压器、射频电极等）
束流系统（包括：束流产生、加速、输运、扫描及输出各部分）
真空系统（包括：前后级真空泵、管道阀门及真空测量）



图 9-1 加速器主体结构图示意图

9.1.2 辐照工艺流程

本项目工作流程为：进行辐照前，由职业人员进入辐照室和主机室内进行检查，确定无人员滞留后，按下所有巡检开关并离开辐照室，关闭辐照室防护门和主机室防护门，人员在控制室内操作加速器系统，无需进入主机室和辐照室。加速器开机后，辐照室进出口处的红外开关即启动，产品通过挤出平台传输系统传送带自膜进出孔进入辐照室后自动传送至电子束下方，职业人员调整传送带速度以控制产品受照时间。产品经电子束辐照后，自辐照室膜进出孔传送出辐照室至塔架，完成一轮辐照工作。辐照工艺流程示意图见图 9-2、9-3。

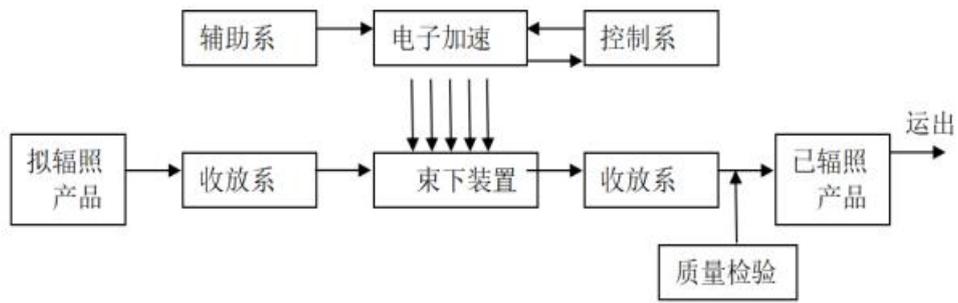


图 9-2 辐照工艺流程示意图

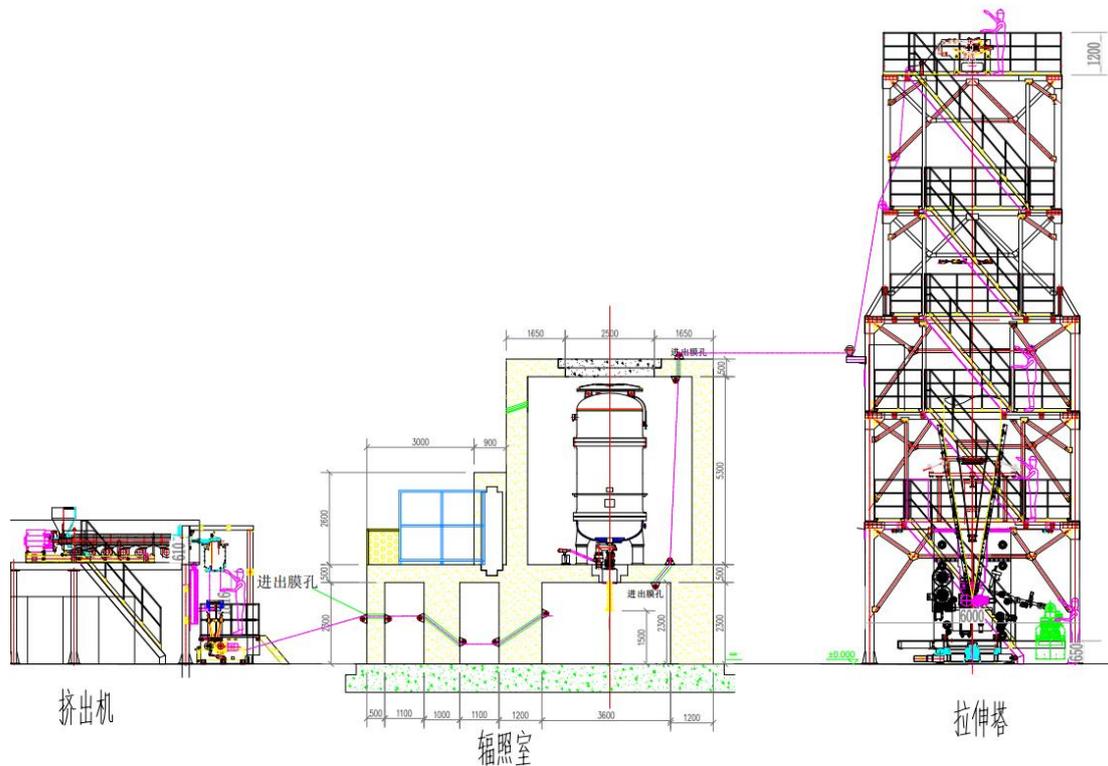


图 9-3 辐照工艺流程示意图

9.2 污染源项描述

电子加速器运行产生的高能电子束受到靶物质、各结构材料和辐照产品都会产生韧致辐射，即产生 X 射线。由于电子在空气中的射程很短，因此，X 射线是电子加速器辐照装置运行时的主要辐射源。

本项目拟建电子加速器输出的能量为 1.2MeV 电子束所产生的 X 射线，可不必考虑感生放射性问题。在加速器工作时，X 射线与空气发生电离作用产生臭氧

和氮氧化物。

因此，在开机期间，X 射线成为电子加速器污染环境的主要因子，其次为臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 加速器机房概况

加速器机房位于浙江九腾包装材料有限公司 5#生产车间内西北侧，加速器辐照室位于地上 1 层，主机室位于地上 2 层。加速器机房土建工程分为上、下两层，下层是辐照室（主射方向朝下），上层为加速器主体，其中辐照加工区位于辐照室内。加速器机房辐照室及主机室平面图、剖面图见图 10-2。辐照室及主机室设计屏蔽情况见表 10-1 和表 10-2。

表 10-1 1-3 号加速器辐照室设计屏蔽情况一览表

项目	辐照室	备注
辐照室内径尺寸	长 4.8m×宽 3.6m×高 2.3m	
各屏蔽墙厚度	西南侧迷道屏蔽墙 1200mm+1000mm+500mm 东南侧、西北侧、东北侧屏蔽墙各 1200mm	①四周屏蔽墙体及顶棚均采用密度不低 2.35g/cm ³ 的混凝土一次浇筑而成； ②加速器的辐射防护设施，必须与主体工程同时设计，同时施工、同时投产； ③加速器设施的设计，应有辐射防护工程师参加；施工阶段，辐射防护人员应对辐射防护设施的工程质量进行检查，以保证设计要求。
辐照室顶棚厚度	500mm 混凝土	
门洞尺寸	宽 900mm×高 2300mm	
防护门	3mm 不锈钢门	
迷道	弓形迷道，墙厚 1200mm+1000mm+500mm	
通风设施	地下 L 型通风管道	

表 10-2 1-3 号加速器主机室设计屏蔽情况一览表

项目	主机室	备注
主机室内径尺寸	长 6m×宽 4.5998m×高 5.3m	
各屏蔽墙厚度	西南侧屏蔽 600mm+200mm 东南侧、西北侧、东北侧屏蔽墙各 600mm	①四周屏蔽墙体及顶棚均采用密度不低 2.35g/cm ³ 的混凝土一次浇筑而成； ②加速器的辐射防护设施，必须与主体工程同时设计，同时施工、同时投产； ③加速器设施的设计，应有辐射防护工程师参加施工阶段，辐射防护人员应对辐射防护设施的工程质量进行检查，以保证设
天棚厚度	500mm 混凝土	

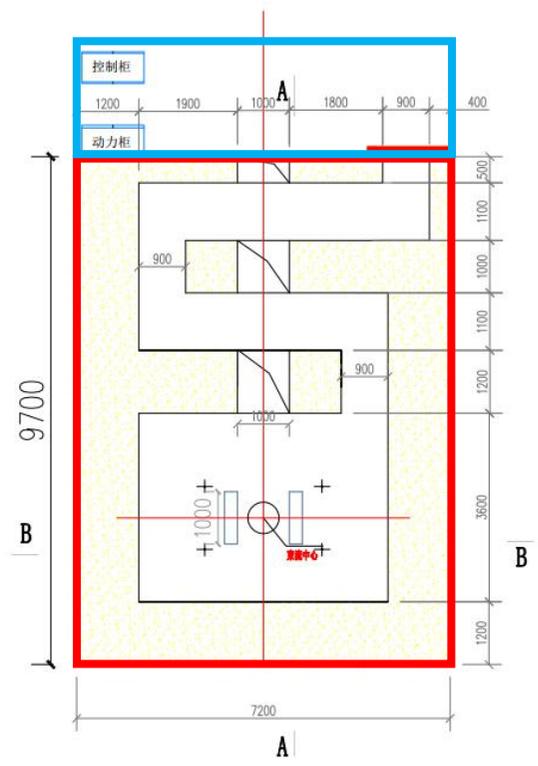
	计要求。
门洞尺寸	宽 720mm×高 2000mm
主机室防护门	3mm 不锈钢门（移动防护门）
迷道	L 形迷道，墙厚 600mm+200mm
电缆孔	L 型预埋管

10.1.2 工作场所布局合理性分析

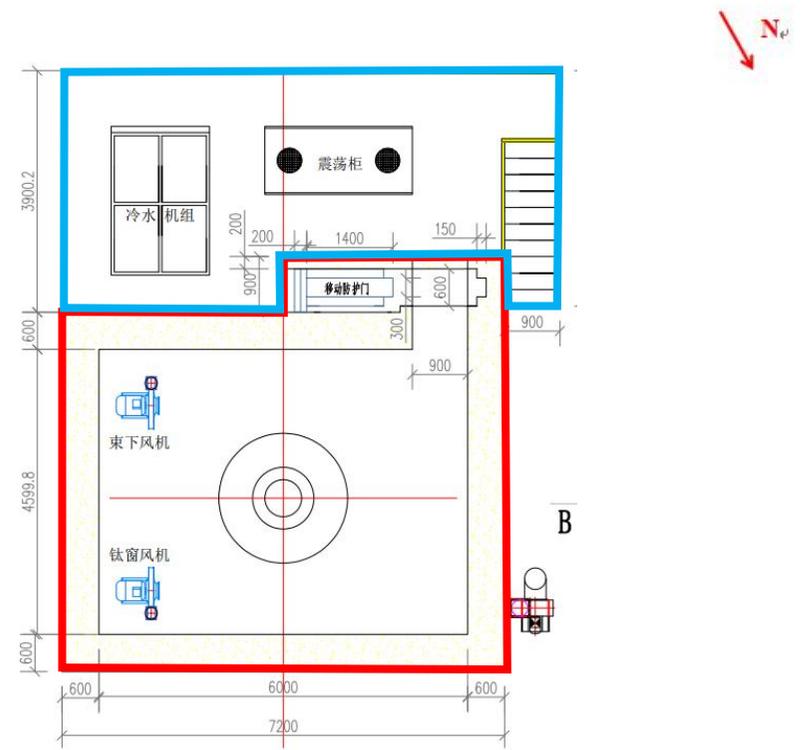
本项目加速器机房均为二层混凝土结构，加速器辐照室位于地上 1 层，主机室位于地上 2 层。加速器机房控制柜位于地上 1 层辐照室南侧，加速器震荡柜、冷水机组等辅助设备位于地上 2 层主机室南侧。加速器机房辐照室及主机室入口处均设有迷道，加速器工作时，设备操作人员位于控制室的控制柜处设置机器参数并监控加速器运行情况，加速器出束时，辐照室及主机室内均无人员停留，加速器机房布局合理可行。

10.1.3 控制区与监督区的划分

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，将电子加速器的工作场所进行分区管理：本项目拟将加速器机房辐照室、主机室及各自出入口以内的区域划为控制区，电子加速器工作过程中，任何人不得进入控制区，并在辐照室、主机室出入口及其它必要的地方设置醒目的电离辐射警告标志及中文警示说明等；拟将控制柜、加速器主机室外辐照装置辅助设施区和辐照室、主机室外 1m 处划为监督区，监督区在加速器工作时除辐射工作人员外，其他人员严格限制进入。1 号、2 号、3 号加速器机房分区相同，加速器机房分区示意图见图 10-1，1 号-3 号加速器机房分区图见图 10-2。



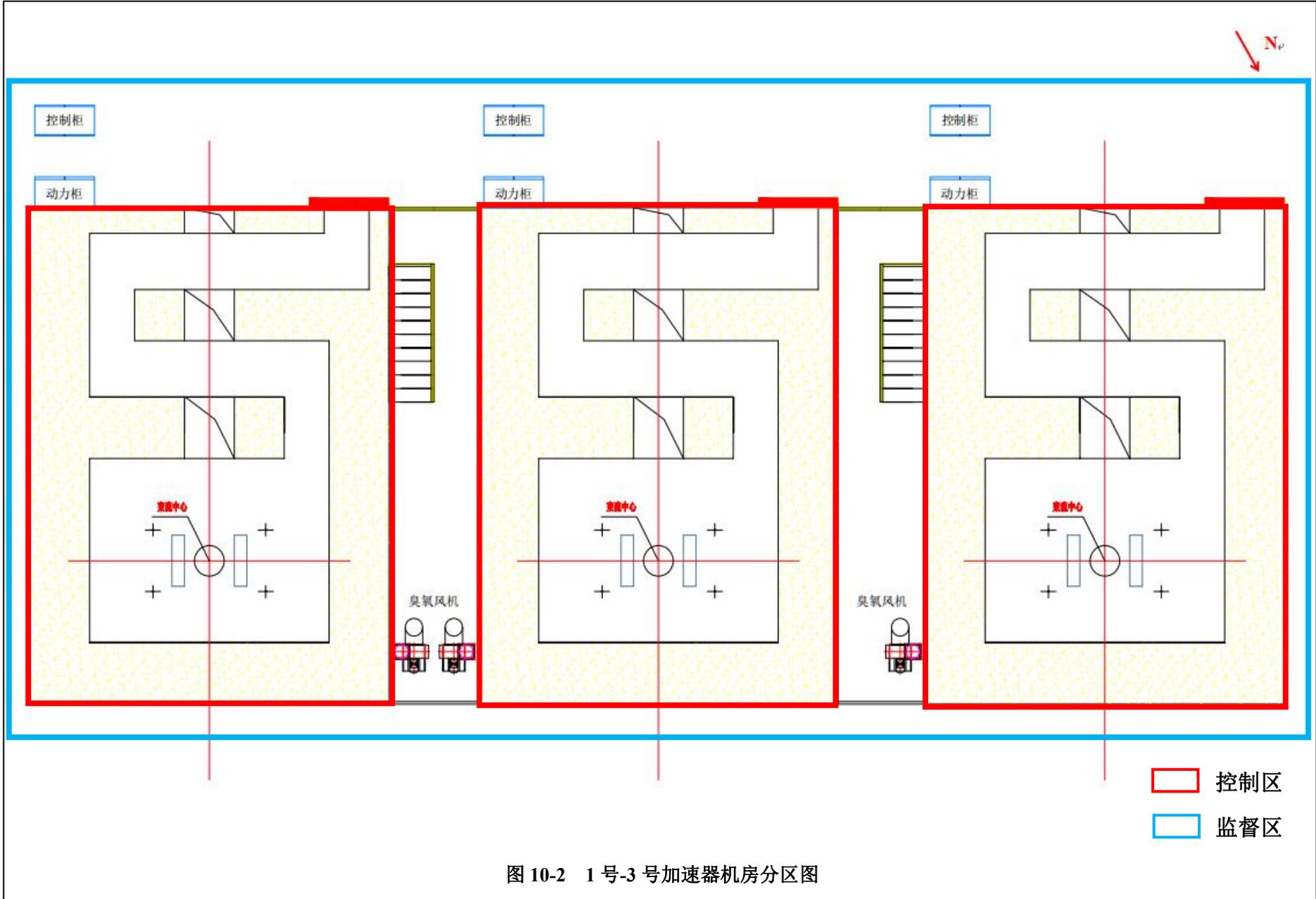
加速器机房地上1层(辐照室)

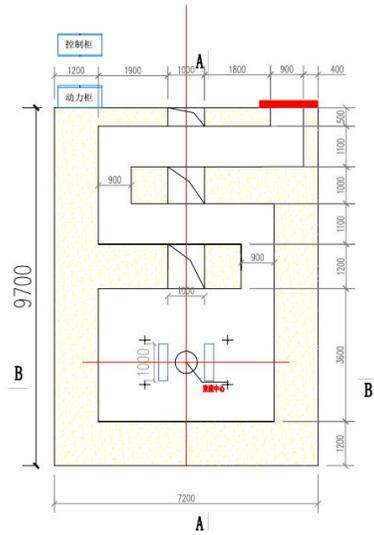


加速器机房地上2层(主机室)

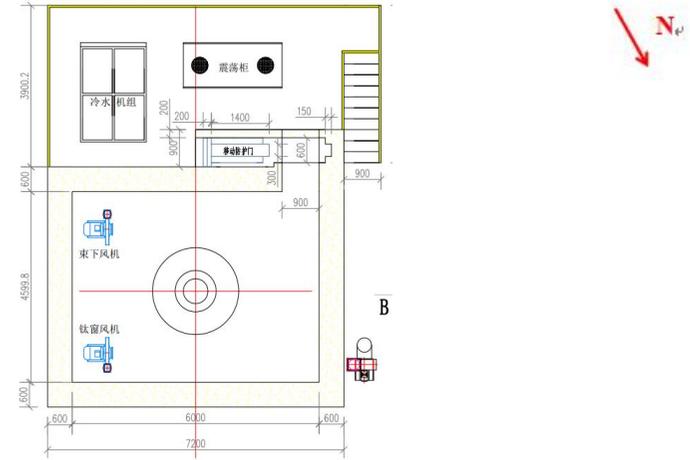
- 控制区
- 监督区

图 10-1 加速器机房分区图

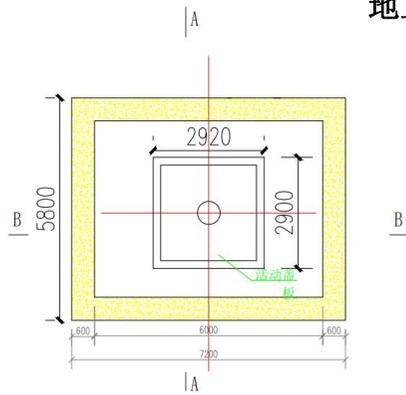




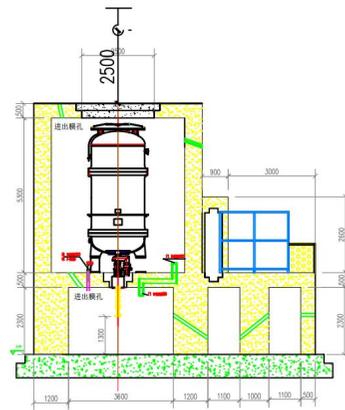
地上一层平面 (辐照室)



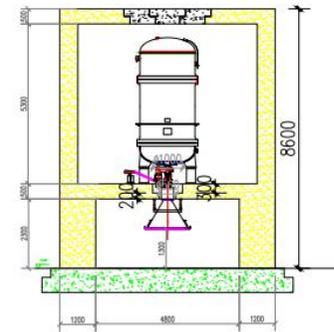
二层平面 (主机室)



顶层平面 (主机室顶)



A-A 剖面



B-B 剖面

图 10-3 加速器机房辐照室及主机室平面图、剖面图

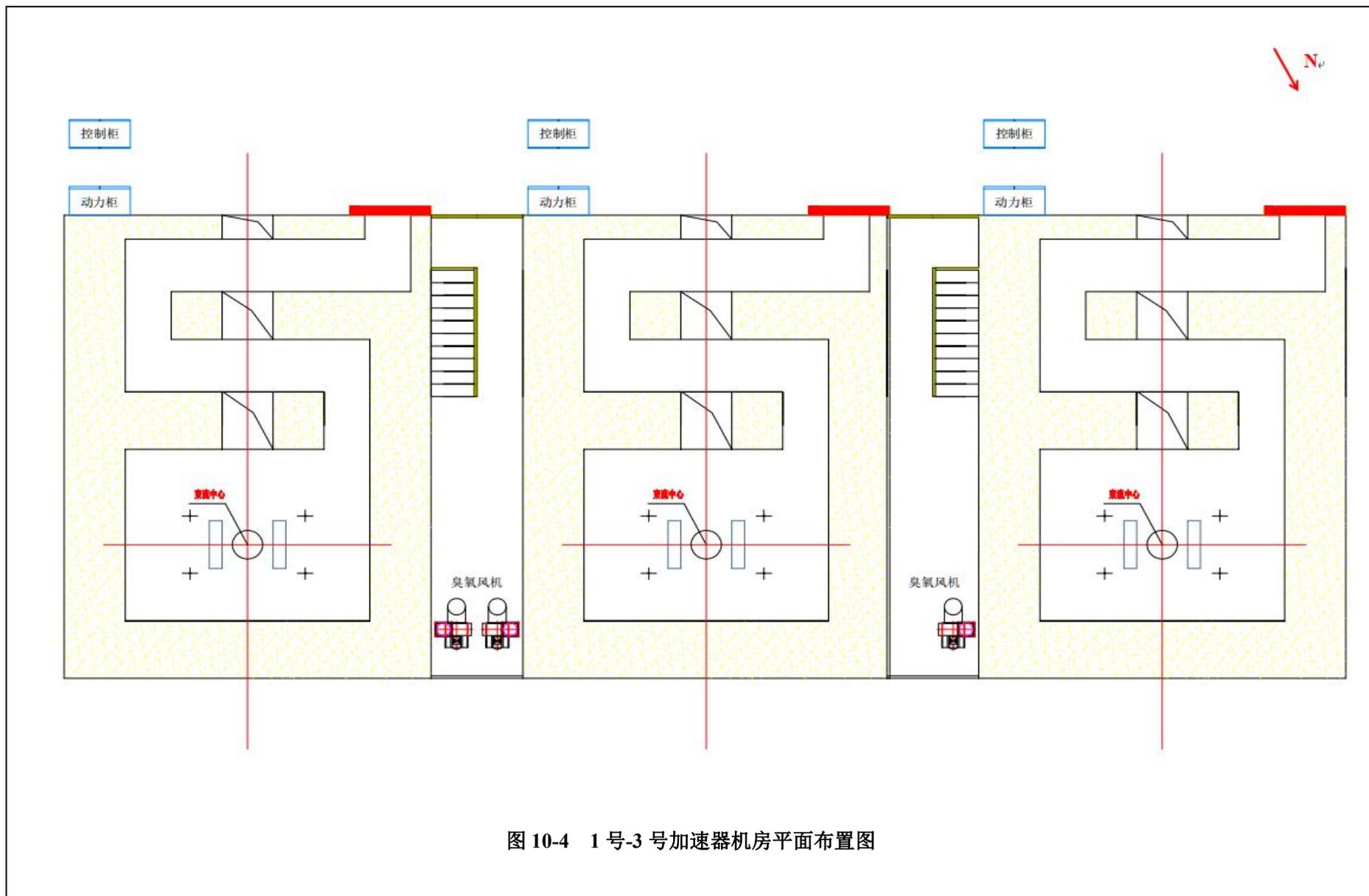


图 10-4 1号-3号加速器机房平面布置图

10.1.3 污染防治措施

为确保辐射安全，保障工业电子加速器安全运行，避免在电子加速器辐照期间人员误留或误入辐照室内发生误照事故，本项目的所有电子加速器设计有相应的辐射安全装置和保护措施。1号加速器辐射安全装置和保护措施见图10-5、图10-6，2号、3号加速器辐射安全装置和保护措施跟1号加速器相同。加速器主要辐射安全装置和保护措施如下：

一、辐射屏蔽设计

辐照室四周采用钢筋混凝土墙屏蔽，设置弓形迷道；主机室四周采用钢筋混凝土墙屏蔽，设置L形迷道，主机室出入口采用不锈钢门防护，根据本报告中理论预测分析均能满足本项目的辐射防护要求。

二、安全设施

为了保证加速器正常运行，避免人员误入主机室和辐照室时发生误照射事故。本项目采用加速器安全连锁系统，体现“即使装置出现故障，仍能保证该系统安全”的原则。

（一）**钥匙控制**。本项目的加速器机房均设有控制室，控制室内将设置控制柜。控制柜上设计有加速器的钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动加速器进行出束作业；钥匙开关未闭合状态时，电子加速器无法开机出束。同时，电子加速器的开关钥匙也是加速器机房辐照室和主机室出入口开关钥匙，并且辐照室和主机室出入口的钥匙在防护门未关闭上锁的情况下，钥匙是无法取出的。当工作人员需要打开防护门进入辐照室或主机室时，该工作人员必须携带该加速器的开关钥匙。因此，加速器在开机出束时，由于没有开关钥匙，防护门无法打开；在防护门打开的情况下，加速器无法开机出束。建设单位拟为每台加速器的辐射工作人员配备2台个人剂量报警仪，其中1台个人剂量报警仪与加速器的开关钥匙相连，加速器的开关钥匙是唯一的且由运行值班长保管使用。

（二）**门机连锁**。加速器辐照室和主机室出入口与加速器束流控制和加速器高压连锁。在防护门未闭合的状态下，电子加速器不能启动工作；在电子加速器高压启动后，一旦防护门被打开，连锁装置将立即切断电子加速器的高压，使电子加速器立即停止出束。

（三）**束下装置连锁**。辐照室内的传输系统均与辐照室内的电子加速器连锁。

电子加速器未出束时，当辐照室内的传输系统出现故障时，将不能启动该辐照室的电子加速器进行出束作业；在电子加速器正常出束作业情况下，当辐照室内的传输系统出现故障，将立即切断加速器电源，使得辐照室内的电子加速器立即停止出束。

（四）**信号警示装置**。辐照室和主机室出入口处设置醒目的“当心电离辐射警告标志”和工作状态指示灯及音响警示信号，工作状态指示灯与电子加速器高压连锁，当电子加速器启动时，指示灯将亮起并发出闪烁信号，音响警示装置启动伴有蜂鸣，以提醒周围人员勿靠近。

（五）**巡检按钮**。主机室和辐照室内拟设置“巡检按钮”，并与控制台连锁。电子加速器开机前，辐射工作人员进入主机室和辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留；未按下“巡检按钮”前，电子加速器将不能进行出束作业。

（六）**防人误入装置**。辐照室、主机室人员出入口通道，各设计有3道相互独立的光电报警装置并分别与电子加速器的开、停机连锁。3道光电装置安装高度分别距离地面0.3m、0.6m，当有人员误入辐照室、主机室，身体将任意一处红外线挡住后，若电子加速器处于开机状态下，将立即自动切断电源，电子加速器将立即停止出束，同时发出异常情况下的警示声音。通过此措施，防止在电子加速器开机过程中，人员误入辐照室、主机室造成误照射。

（七）**急停装置**。在辐照室、主机室室内各墙面均设计有紧急停机拉线开关，紧急停机开关距地面高度1.4m；在电子加速器控制柜上同样设计有紧急停机按钮开关。所有紧急停机开关均有明显的标志，供应急停机使用。当出现紧急情况时，只需拉下或按下任一紧急停机开关，则该辐照室内的电子加速器将立即切断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将紧急停机开关复位后，电子加速器才能重新启动。在辐照室、主机室内设置有紧急开门按钮，便于人员在紧急情况下撤离辐照室、主机室。

（八）**剂量连锁**。在辐照室和主机室的迷道内拟设置固定式辐射监测系统探头，与辐照室和主机室的出入口门等连锁，显示面板位于控制室内。当显示面板上的辐射剂量率大于预设值时，将发出警告信号，同时主机室和辐照室门无法打开。通过固定式辐射监测系统，辐射工作人员可以及时了解电子加速器的工作情况以及辐照室、主机室中的辐射水平。

(九) **通风联锁**。本项目拟在辐照室设置排风机与控制系统联锁，辐照室排风机正常工作后，电子加速器才能出束；在排风机未正常工作时，电子加速器将无法进行出束作业。在电子加速器正常运行过程中，当排风机发生故障时，电子加速器将立即停止出束作业。加速器的控制软件设计有正常停机后排风机延迟关闭系统，即：电子加速器正常停止出束后，即使对排风机发出停止工作指令，排风机将按预设时间继续工作。若电子加速器非正常停止出束，则排风系统的运行不受限制。

(十) **烟雾报警**。本项目拟在辐照室设置烟雾报警装置，遇有火险时，电子加速器将立即停机并停止通风。

(十一) **实时摄像监视**。本项目拟在辐照室内设置摄像监视系统，监控图像实时显示在控制室的监控电视上，使控制室的工作人员可清楚地观察到辐照室内电子加速器的工作情况，如发生意外情况可及时处理。

综上所述，本项目辐射安全设计能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)的相关要求及辐射安全防护需求。

三、日常检修(管理)及记录

(一) 装置的维护与维修

辐照装置营运单位必须制定辐照装置的维护检修制度，定期巡视检查(检验)每台加速器的主要安全设备，保持辐照装置主要安全设备的有效性和稳定性。

安全设施的变更，需经设计单位认可，并经监管部门同意后才能进行。

1、日检查

电子加速器辐照装置上的常用安全设备应每天进行检查，发现异常情况时必须及时修复。常规日检查项目应至少包括下列内容：

- (1) 工作状态指示灯、报警灯和应急照明灯；
- (2) 辐照装置安全联锁控制显示状况；
- (3) 个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器工作状况。

2、月检查

电子加速器辐照装置上的重要安全设备或安全程序应每月定期进行检查，发现异常情况时必须及时修复或改正。月检查项目至少应包括：

- (1) 辐照室内固定式辐射监测仪设备运行状况；

- (2) 控制台及其他所有紧急停止按钮；
- (3) 通风系统的有效性；
- (4) 验证安全联锁功能的有效性；
- (5) 烟雾报警器功能正常。

3、半年检查

电子加速器辐照装置的安全状况应每 6 个月定期进行检查,发现异常情况时必须及时采取改正措施。其检查范围至少应包括:

- (1) 配合年检修的检测；
- (2) 全部安全设备和控制系统运行状况。

(二) 记录

辐照装置营运单位必须建立严格的运行及维修维护记录制度,运行及维修维护期间应按规定完成运行日志的记录,记录与装置有关的重要活动事项并保存日志档案。记录事项一般不少于下列内容:

(1) 运行工况；(2) 辐照产品的情况；(3) 发生的故障及排除方法；(4) 外来人员进入控制区情况；(5) 个人剂量计佩戴情况。

四、监测仪器和防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求,开展工业辐照的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器,包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

建设单位拟为本项目配备辐射巡测仪 3 台、个人剂量报警仪 6 台。辐射工作人员工作时将佩戴个人剂量计,以监测累积受照情况。公司拟定期组织辐射工作人员进行健康体检,并将按相关要求建立放射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

10.2 三废的治理

本项目运行过程中没有放射性废水、废气及放射性固体废物产生。工作人员产生的普通生活污水,由厂内污水处理设施统一处理后接入市政污水管网。工作人员产生的一般生活垃圾,收集后,将交由城市环卫部门处理,对周围环境影响较小。

本项目电子加速器在工作状态时,高能电子束产生的韧致辐射(X射线)会

使辐照室内空气电离从而产生一定量的臭氧和氮氧化物。

本项目 3 座加速器辐照室各设置排风机 1 台，排风机排风量拟设计为不小于 15000m³/h，辐照室排风口通过地下风道连接到排气口，臭氧和氮氧化物通过排风管道排放至室外。辐照室进风为自然进风，未设置独立的进风管道。加速器运行期间及停机后一段时间风机一直保持运行，辐照室内保持负压状态，臭氧和氮氧化物等废气通过排风管道排出，对周围影响较小。

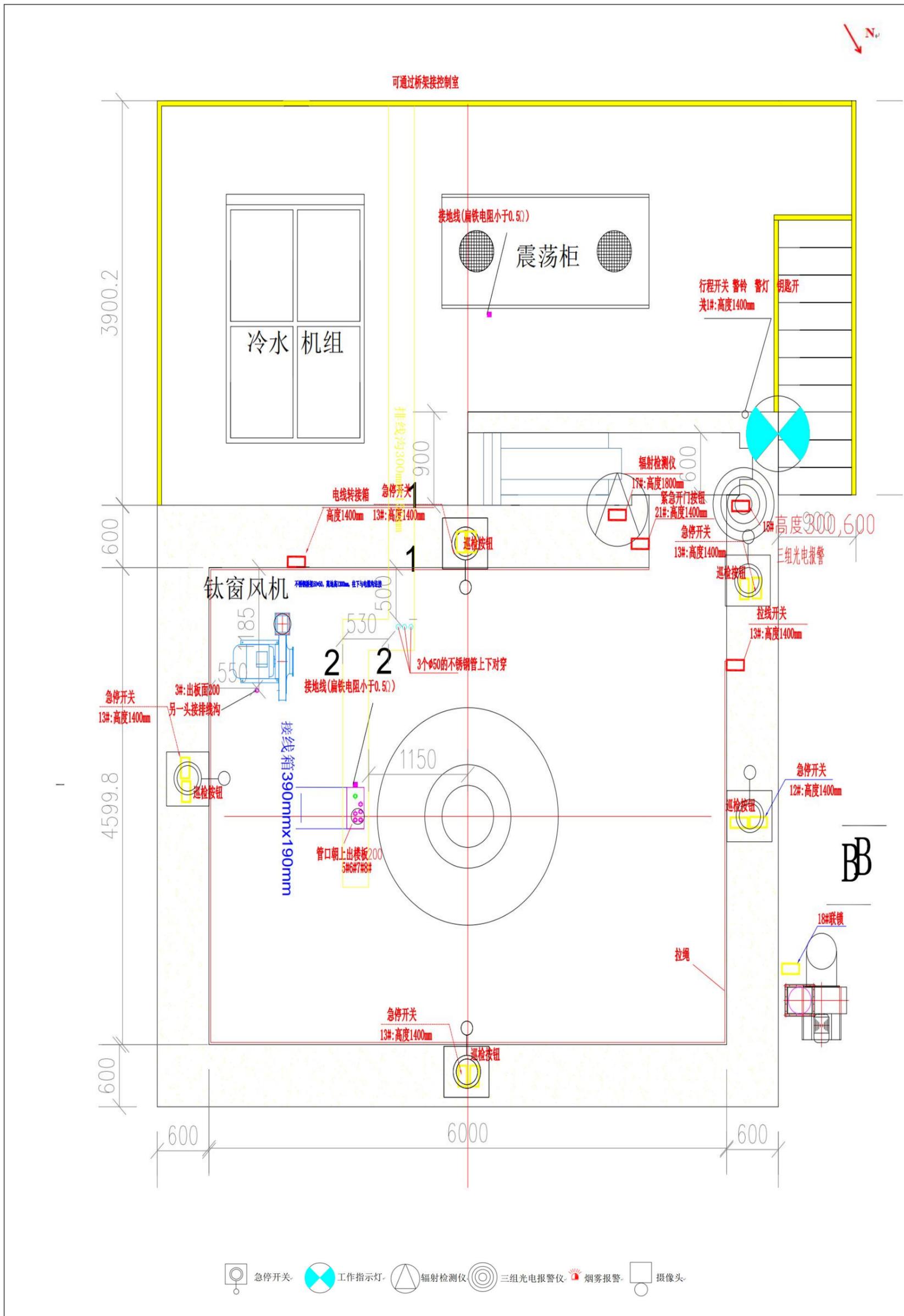


图 10-5 1号加速器机房主机室主要辐射安全设施布局示意图

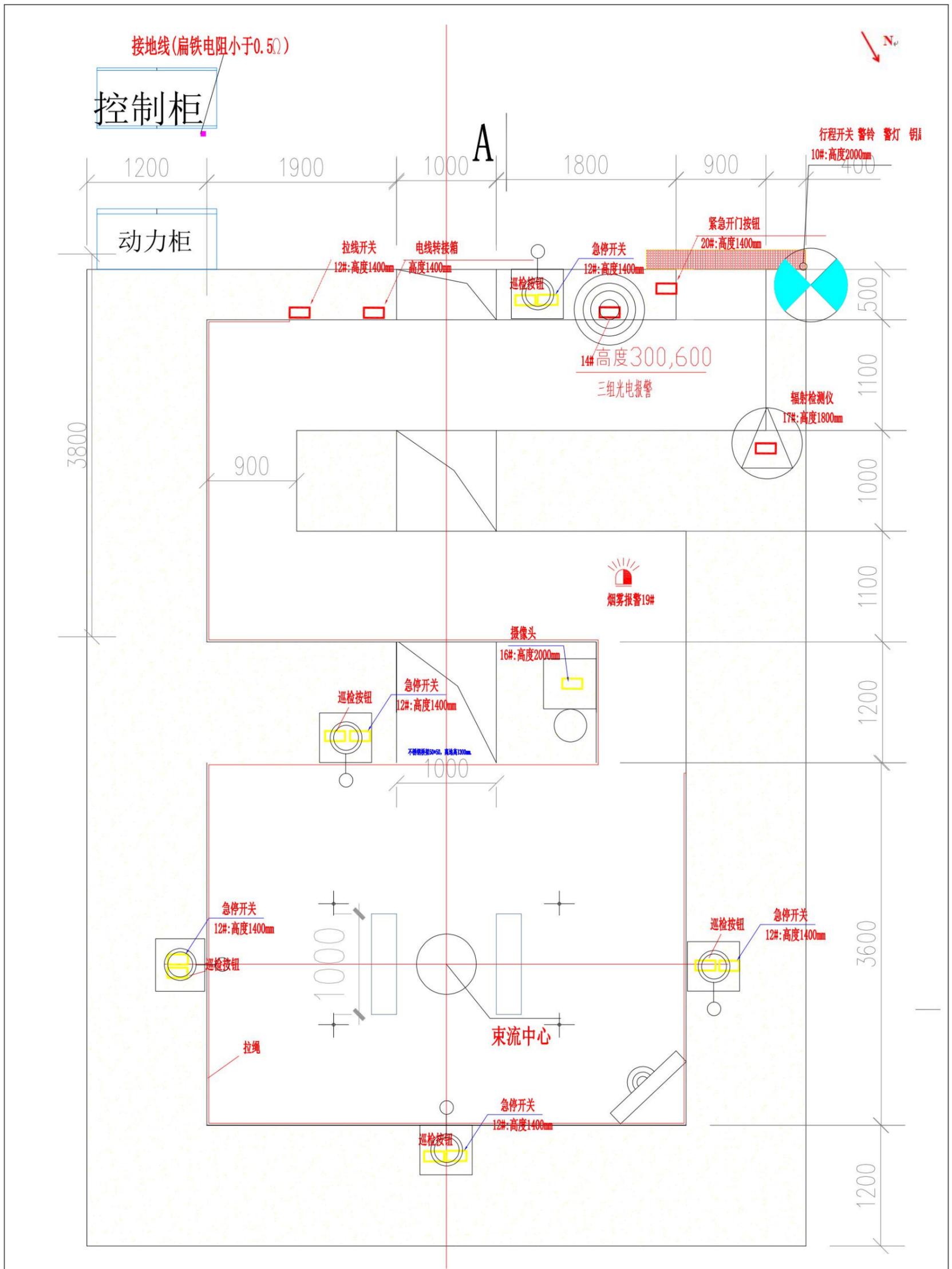


图 10-6 1号加速器机房辐照室主要辐射安全设施布局示意图

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目建设时将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响：

1、大气：本项目在建设施工期需进行的挖掘地基、打桩、混凝土浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：

- ①及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；
- ②车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；
- ③施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

2、噪声：整个建筑施工阶段，如打桩机、混凝土搅拌机、卷扬机及载重车辆等在运行中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时需严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》的要求，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

3、固体废物：项目施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

4、废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

建设单位在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在公司厂内局部区域，对周围环境影响较小。

由于辐照加速器只有在开机时才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失的。在加速器机房建设过程中，加速器未通电运行，故不会对周围环境造成电离辐射影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目通过理论计算的评价方法来预测加速器建成投入使用后的辐射环境影响。

11.2.1 加速器辐照室辐射影响评价

本次评价参照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 中给出的计算模式预测本项目运行后机房周围的辐射水平。

（1）X 射线影响分析

本项目加速器电子束向下照射，不直接射向辐照室四周屏蔽墙，因此辐照室内韧致辐射主要考虑沿与电子束入射方向为 90° 的韧致 X 射线。

(2) X 射线辐射剂量率估算公式

参照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) A.2.1 部分，工作状态时，辐照室周围辐射剂量率采用式 11-1~式 11-3 进行估算。

$$H_M = \frac{D_{10} \cdot B_x \cdot T}{1 \times 10^{-6} \cdot d^2} \quad (11-1)$$

式中， H_M —参考点处的最大允许周围剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)；

D_{10} —距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率，Gy/h；

T—居留因子；

B_x —X 射线的屏蔽透射比；

d—参考点距靶点的距离 (m)。

$$D_{10} = 60 \times Q \times I \times f_e \quad (11-2)$$

式中，Q—X 射线发射率 ($\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)；

I—电子束流强度 (mA)；

f_e —X 射线发射率修正系数。

$$B_x = 10^{-(S - T_1 + T_e / T_e)} \quad (11-3)$$

式中，S—屏蔽体厚度 (cm)；

T_1 —在屏蔽厚度中，朝向辐射源的第一个十分之一值层 (cm)；

T_e —平衡十分之一值层，该值近似于常数 (cm)。

(3) 辐照室四周辐射剂量率估算结果

1-3 号加速器辐照室四周墙外 30cm 处的辐射剂量率估算结果见表 11-1。

表 11-1 1-3 号加速器辐照室四周墙外 30cm 处的辐射剂量率估算表

参数	东南墙外	西南墙外	西北墙外	东北墙外
侧向 90° X 射线发射率 Q ($\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	0.64	0.64	0.64	0.64
I (mA)	40	40	40	40
f_e	0.5	0.5	0.5	0.5
D_{10} (Gy/h)	768	768	768	768
屏蔽体厚度 S (cm)	120	120+100+50	120	120
侧向 90° 等效入射 电子能量 (MeV)	0.82	0.82	0.82	0.82

T ₁ (cm)	17.31	17.31	17.31	17.31
T _e (cm)	13.89	13.89	13.89	13.89
B _x	4.07×10 ⁻⁹	6.46×10 ⁻²⁰	4.07×10 ⁻⁹	4.07×10 ⁻⁹
d (m)	3.90	7.20	3.90	3.10
居留因子 T	1	1	1	1
H (μSv/h)	0.205	9.570×10 ⁻¹³	0.205	0.325
剂量当量率 (μSv/h)	2.5			
评价结果	符合	符合	符合	符合
注：1、参考点位于辐照室墙外 30cm 处； 2、表中各参考点到辐射源的距离均从设计图直接测量所得。				

由表 11-1 可知，1-3 号加速器辐照室墙外 30cm 处辐射剂量最大值为 0.325μSv/h，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）规定的电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5μSv/h 的规定要求。

辐射叠加影响分析：

1 号加速器辐照室西北墙与 2 号加速器辐照室东南墙相距 1.8m，2 号加速器辐照室西北墙与 3 号加速器辐照室东南墙相距 1.8m。因此，对 1 号加速器辐照室西北墙与 2 号加速器辐照室东南墙间区域叠加辐射环境影响作典型分析。2 号加速器辐照室辐射源到 1 号加速器西北墙外 30cm 处距离为 5.00m，X 射线的屏蔽透射比为 4.07×10⁻⁹，计算可得辐射剂量率为 0.125μSv/h，3 号加速器对于 1 号加速器的辐射由于墙体屏蔽和距离屏蔽可忽略不计，再由表 11-1 可知，1 号加速器辐照室西南墙外 30cm 处辐射剂量率为 0.205μSv/h 可以预测，在 3 台加速器同时运行情况下，所致 1 号加速器辐照室东墙与 2 号加速器辐照室西墙间区域辐射剂量率不大于 0.330μSv/h，能够满足不超过 2.5μSv/h 的规定要求，同理，1 号加速器辐照室辐射源到 2 号加速器东南侧墙外 30cm 处距离为 5.00m，X 射线的屏蔽透射比为 4.07×10⁻⁹，计算可得辐射剂量率为 0.125μSv/h，3 号加速器对于 2 号加速器东北侧的辐射由于墙体屏蔽和距离屏蔽可忽略不计，再由表 11-1 可知，2 号加速器辐照室东南墙外 30cm 处辐射剂量率为 0.205μSv/h 可以预测，在 3 台加速器同时运行情况下，所致 1 号加速器辐照室东墙与 2 号加速器辐照室西墙间区域辐射剂量率不大于 0.330μSv/h，能够满足不超过 2.5μSv/h 的规定要求，因加速器与加速器之间的过道封闭，无人员到达，可忽略该处的辐射剂量率。

11.2.2 加速器主机室辐射影响评价

(1) X 射线影响分析

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) A.4, “电子加速器辐照装置设备设计制造单位提供加速器在主机室的束流损失, 按此值根据 A.2、A.3 方法计算主机室的屏蔽设计”。因此主机室四周墙体主要考虑加速器在主机室的束流损失产生的韧致 X 射线影响。根据厂家提供的数据, 主机室的束流损失率为 0.5%, 束流损失点能量为 0.35MeV, 计算时均保守按 0.5MeV 考虑。

(2) 辐射剂量率估算公式

参照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) A.2.1 部分, 工作状态时, 主机室周围的辐射剂量率同样采用式 11-1~式 11-3 进行估算。

(3) 主机室四周辐射剂量率估算结果

1-3 号加速器主机室四周墙外 30cm 处的辐射剂量率估算结果见表 11-2。

表 11-2 1-3 号加速器主机室四周墙外 30cm 处的辐射剂量率估算表

参数	东南墙外	西南墙外	西北墙外	东北墙外
侧向 90° X 射线发射率 Q (Gy · m ² · mA ⁻¹ · min ⁻¹)	0.07	0.07	0.07	0.07
I (mA)	0.2	0.2	0.2	0.2
fe	0.5	0.5	0.5	0.5
D ₁₀ (Gy/h)	0.42	0.42	0.42	0.42
屏蔽体厚度 S (cm)	60	60+20	60	60
侧向 90° 等效入射 电子能量 (MeV)	0.5	0.5	0.5	0.5
T ₁ (cm)	15.2	15.2	15.2	15.2
T _e (cm)	11.9	11.9	11.9	11.9
B _x	1.74 × 10 ⁻⁵	3.55 × 10 ⁻⁷	1.74 × 10 ⁻⁵	1.74 × 10 ⁻⁵
d (m)	3.9	4.2	3.9	3.3
居留因子 T	1	1	1	1
H (μSv/h)	0.480	0.008	0.480	0.671
剂量当量率 (μSv/h)	2.5			
评价结果	符合	符合	符合	符合

由表 11-2 可知, 1-3 号加速器主机室墙外 30cm 处辐射剂量最大值为 0.042μSv/h, 满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 规定的电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过

2.5 μ Sv/h 的规定要求。

11.2.3 加速器一层辐照室 X 射源直射到二层主机室的辐射影响

(1) X 射线影响分析

屋顶厚度首先应考虑直射的防护，本项目加速器开机时主机室内及其屋顶上方均无人到达，因此，对屋顶直射的防护主要应考虑从一层辐照室 X 射线源直射到二层主机室周围辅助房间的剂量。

(2) 辐射剂量率估算公式

参照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) A.2.1 部分，工作状态时，一层辐照室 X 射源直射到二层主机室的辐射剂量率同样采用式 11-1~式 11-3 进行估算。

(3) 加速器一层辐照室 X 射源直射到二层主机室的辐射剂量率估算结果

1-3 号加速器一层辐照室 X 射源直射到二层主机室的辐射剂量率估算结果见表 11-3。

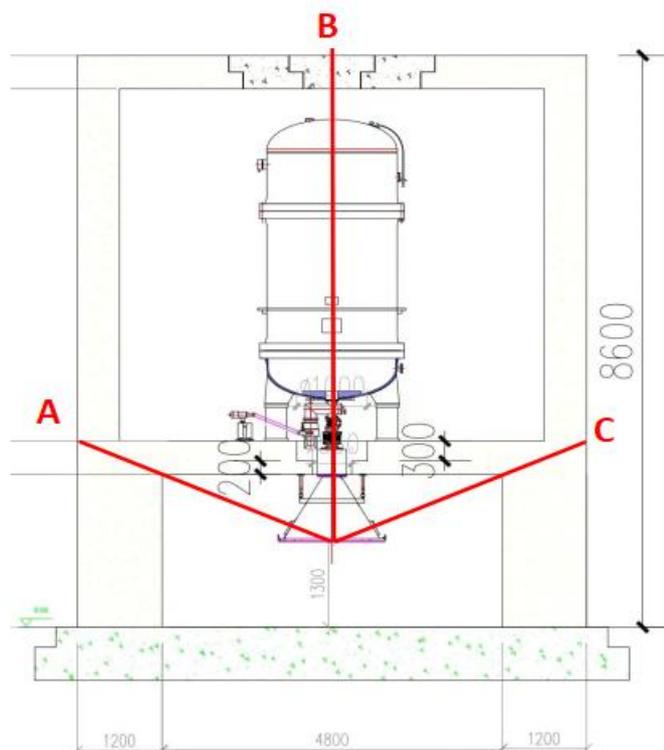


图 11-1 一层辐照室 X 射源直射到二层主机室估算点位示意图 (1)

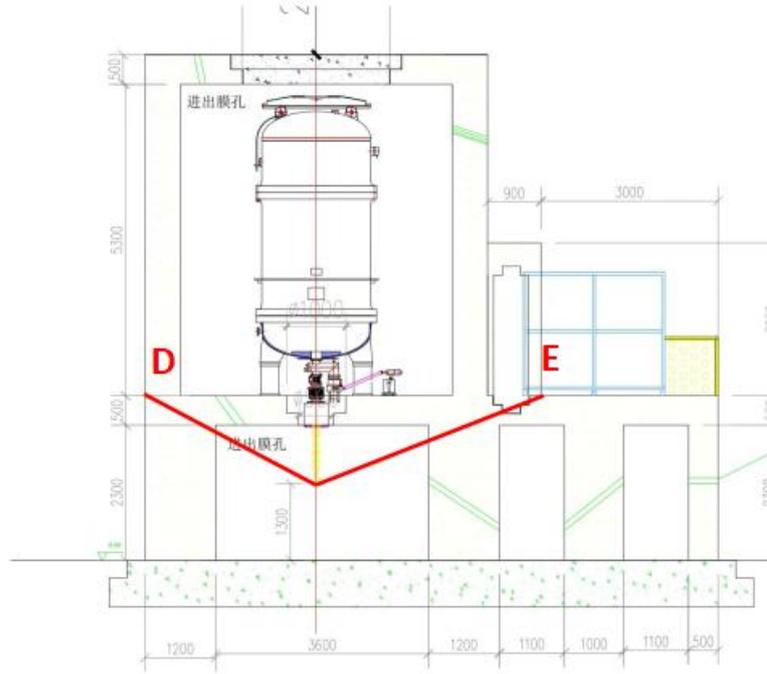


图 11-2 一层辐照室 X 射源直射到二层主机室估算点位示意图 (2)

表 11-3 1-3 号加速器一层辐照室 X 射源直射到二层主机室的辐射剂量率估算表

参数	东南侧 (A)	顶部 (B)	西北侧 (C)	东北侧 (D)	西南侧 (E)
侧向 90° X 射线发射率 Q ($\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
I (mA)	40	40	40	40	40
fe	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
D ₁₀ (Gy/h)	768	768	768	768	768
屏蔽体厚度 S (cm)	120	50+50	120	120	120+20
侧向 90° 等效入射 电子能量 (MeV)	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
T ₁ (cm)	17.31	17.31	17.31	17.31	17.31
T _e (cm)	13.89	13.89	13.89	13.89	13.89
B _x	4.07×10^{-9}	1.12×10^{-7}	4.07×10^{-9}	4.07×10^{-9}	1.48×10^{-10}
d (m)	4.208	7.589	4.208	3.564	4.386
居留因子 T	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
H (μSv/h)	0.177	1.493	0.177	0.246	0.006
剂量当量率 (μSv/h)	2.5				
评价结果	符合	符合	符合	符合	符合

注：1、参考点位于辐照室墙外 30cm 处；

2、表中各参考点到辐射源的距离均从设计图直接测量所得。

由表 11-3 可知,1-3 号加速器一层辐照室 X 射源直射到二层主机室的辐射剂量率最大值为 1.493 μ Sv/h, 满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 规定的电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 μ Sv/h 的规定要求。

11.2.4 X 射线通过顶盖的侧向散射及屋顶天空反散射

本项目加速器机房未邻近高层建筑, 评价时不考虑 X 射线通过顶盖的侧向散射。根据 NCRP-151 号报告, 天空反散射计算公式为:

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{xs} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2}$$

式中, H—在距离 X 射线辐射源 d_s 处地面, 天空反射的 X 射线周围剂量当量率 (Sv/h);

B_{xs} —X 射线屋顶的屏蔽透射比;

Ω —由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角 (Sr); $\Omega = 4 \text{tg}^{-1} (a \cdot b / c \cdot d)$, a 是屋顶长度一半, b 是屋顶宽度一半, c 是源到屋顶表面中心距离, d 是源到屋顶边缘的距离;

d_i —在屋顶上方 2m 处离靶的垂直距离 (m);

d_s —X 射线源至 P 点的距离 (m)。

根据 HJ979-2018 附录 A 示例中的相关内容, 屋顶天空反散射计算结果见表 11-4。

表 11-4 1-3 号加速器屋顶天空反散射计算结果

参数	辐照室	主机室
D_{10} (Gy/h)	768	0.42
屋顶厚度 S (cm)	100	50
B_{xs}	1.12×10^{-7}	4.47×10^{-4}
Ω	16.51	53.9
d_i (m)	9.289	6.557
d_s (m)	20	20
H (μ Sv/h)	2.41×10^{-9}	8.74×10^{-5}

由表 11-4 可知, 加速器屋顶天空反散射对地面参照点的剂量率贡献值几乎可以忽略不计。因此本项目加速器机房屋顶的防护设计可以满足辐射防护要求。

11.2.5 迷道及防护门屏蔽防护分析

(1) 估算模式

参照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) A.3.1 部分, 工作状态时, 迷道外口处(无防护门情况下)的辐射剂量率计算公式如下:

$$H_{1, rj} = D_{10} \times \alpha_1 \times A_1 \times (\alpha_2 \times A_2)^{j-1} / (d_1 \times d_{r1} \times d_{r2} \times \dots \times d_{rj})^2$$

式中, $H_{1, rj}$ —迷道外口处的剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$);

α_1 —入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数;

α_2 —从以后的物质散射出来的 0.5MeV 的 X 射线的散射系数(假设对以后所有散射过程是相同的);

A_1 —X 射线入射到第一散射物质的散射面积 (m^2);

A_2 —迷道的截面积 (m^2);

d_1 —X 射线源与第一散射物质的距离 (m);

$d_{r1}, d_{r2} \dots d_{rj}$ —迷道内各处中心线的散射距离(近似取每段迷路的长度) (m);

j —指第 j 个散射过程 (m)。

(2) 迷道外口处的辐射水平预测

散射路径示意图见图 11-3、图 11-4, 计算结果见表 11-6。

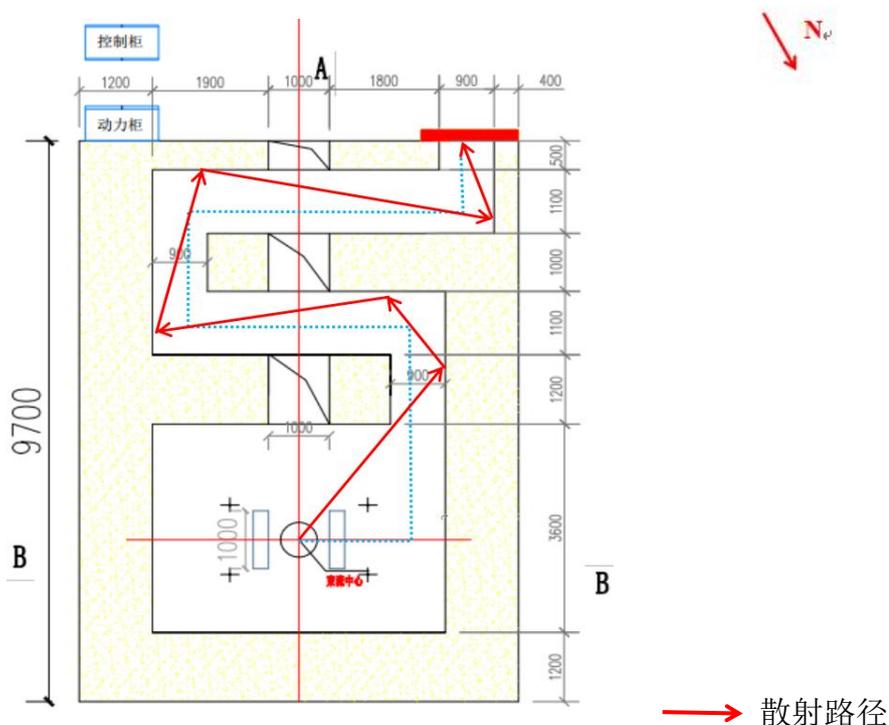


图 11-3 1-3 号加速器辐照室散射路径示意图

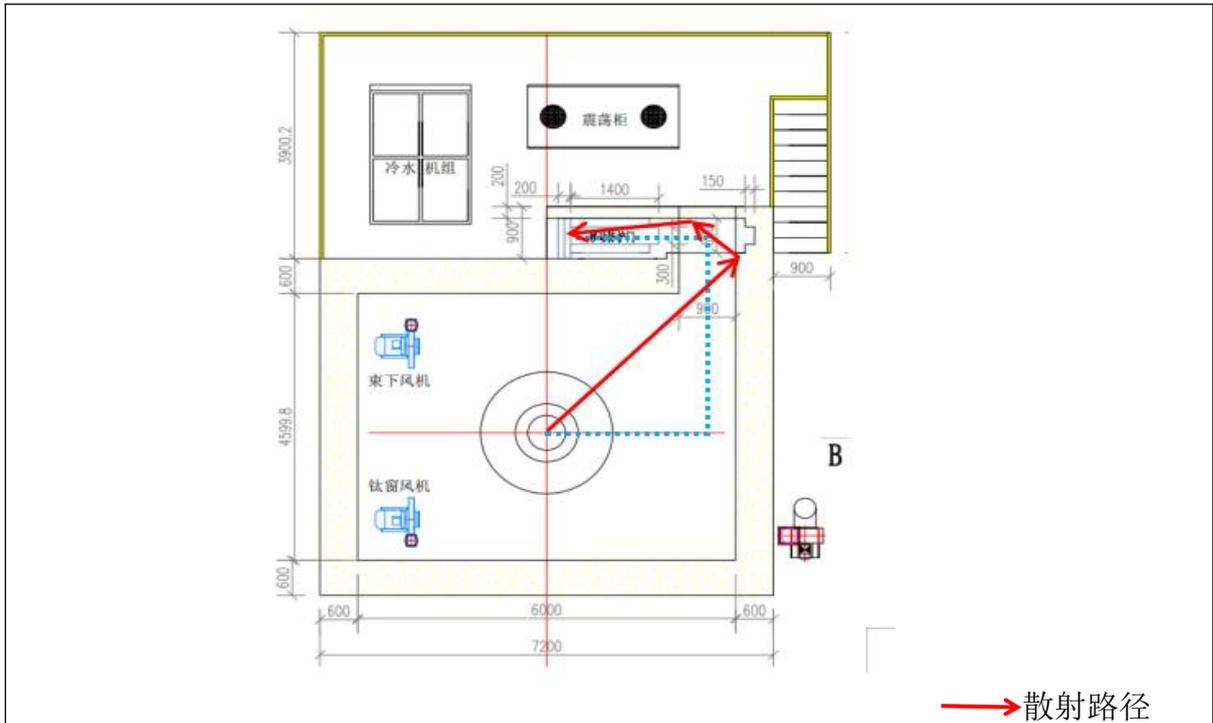


图 11-4 1-3 号加速器辐照室散射路径示意图

表 11-6 迷道外口处的辐射水平计算结果

参数	1-3 号加速器 辐照室	1-3 号加速器 主机室
D_{10} (Gy/h)	768	0.42
α_1	5×10^{-3}	5×10^{-3}
A_1 (m ²)	16.33	1.35
α_2	2×10^{-2}	2×10^{-2}
A_2 (m ²)	2.23	3.18
散射次数	5	2
d_1 (m)	1.95	2.55
dr_1 (m)	3.75	3.40
dr_2 (m)	3.92	2.55
dr_3 (m)	2.10	/
dr_4 (m)	4.70	/
dr_5 (m)	1.05	/
H (μ Sv/h)	2.81×10^{-9}	2.39×10^{-5}

根据上述数据计算可得，1-3 号加速器运行时，辐照室迷道外口处的辐射剂量率约为 $2.81 \times 10^{-9} \mu$ Sv/h，主机室迷道外口处的辐射剂量率约为 $2.39 \times 10^{-5} \mu$ Sv/h，远远小于 2.5μ Sv/h 的剂量率限值要求，迷道屏蔽防护能力符合要求。本项目所有迷道出入口防护门采用 3mm 不锈钢门，防护门外的辐射剂量率亦符合 2.5μ Sv/h 的剂量率限值要求。

11.2.6 结果汇总

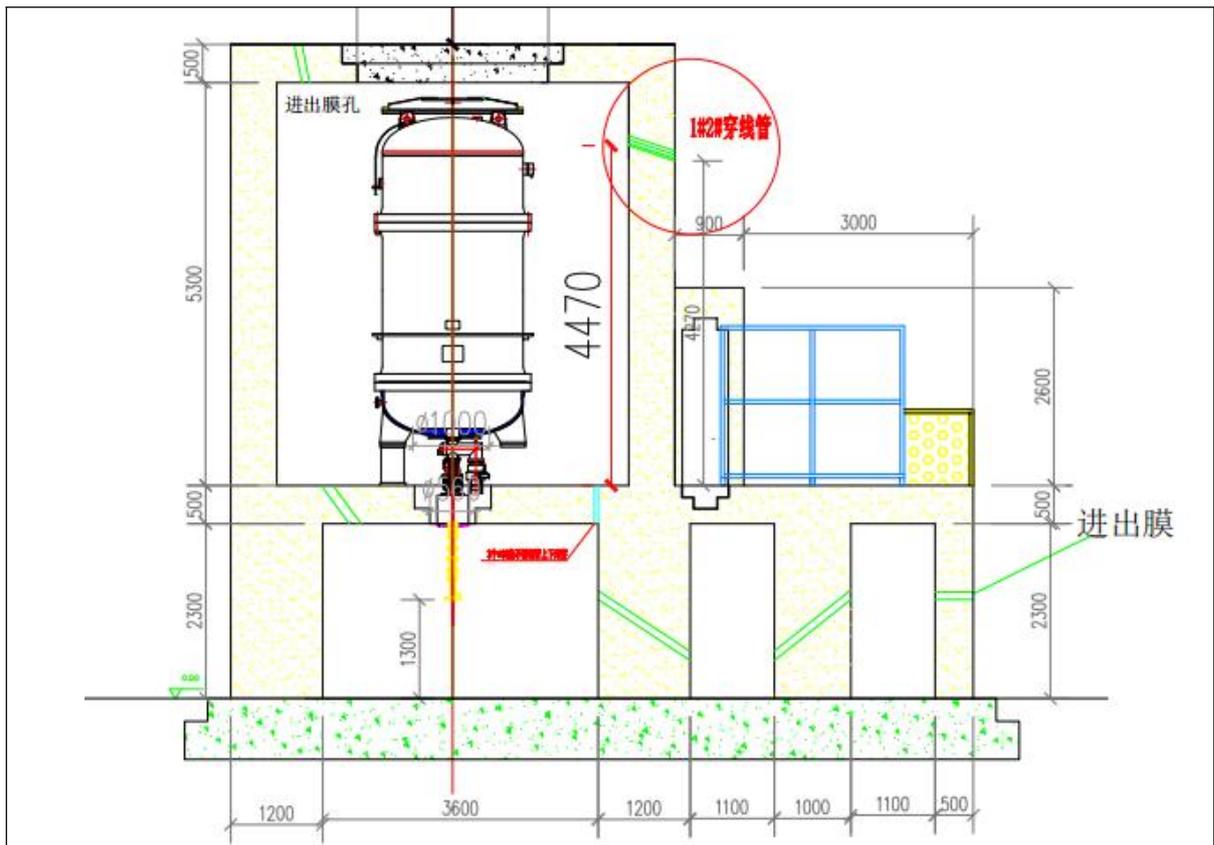
表 11-7 1-3 号加速器机房辐照室和主机室各侧墙体外理论估算结果汇总

参考点	位置	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
辐照室周围	东南侧	0.205
	西南侧	9.570×10^{-13}
	西北侧	0.205
	东北侧	0.325
	迷道口 (不计防护门)	2.81×10^{-9}
主机室周围	东南侧	$0.480+0.177=0.657$
	西南侧	$0.008+0.006=0.014$
	西北侧	$0.480+0.177=0.657$
	东北侧	$0.671+0.246=0.917$
	顶部	1.493
	迷道口 (不计防护门)	2.39×10^{-5}

由表 11-7 可知, 1-3 号加速器机房屏蔽设计能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 规定的电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的规定要求。

11.2.7 通风管道及电缆管线辐射防护及影响分析

本项目加速器电缆管线均设计避开主射线方向, 做斜坡设计且长度比孔径大得多, 射线需经 3 次以上散射后才能到达线缆入口处, 能够满足辐射防护的要求。加速器电缆管线示意图见图 11-5。



A-A剖面图

图 11-5 加速器电缆管线示意图

本项目通风管道采用埋地方式穿越屏蔽墙到达辐照室外，未破坏同侧屏蔽墙体的辐射防护能力，并采用 L 型路径，射线需经 3 次以上散射后才能到达辐照室外，能够满足辐射防护的要求。加速器通风管道示意图见图 11-6。

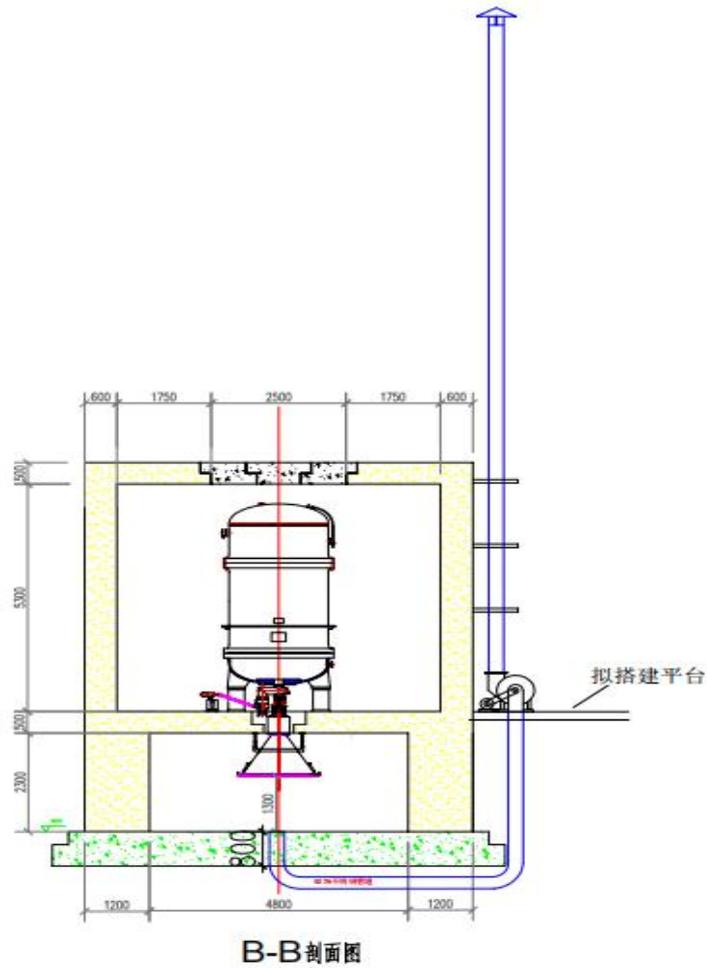


图 11-6 加速器通风管道示意图

11.2.8 膜进出孔辐射防护及影响分析

本项目产品经电子束辐照后，自辐照室膜进出孔传送出辐照室至塔架，完成一轮辐照工作。膜进出孔均设计避开主射线方向，做斜坡设计且长度比孔径大得多，射线需经 3 次以上散射后才能到达线缆入口处，能够满足辐射防护的要求。

加速器机房膜进出孔示意图见图 11-7。

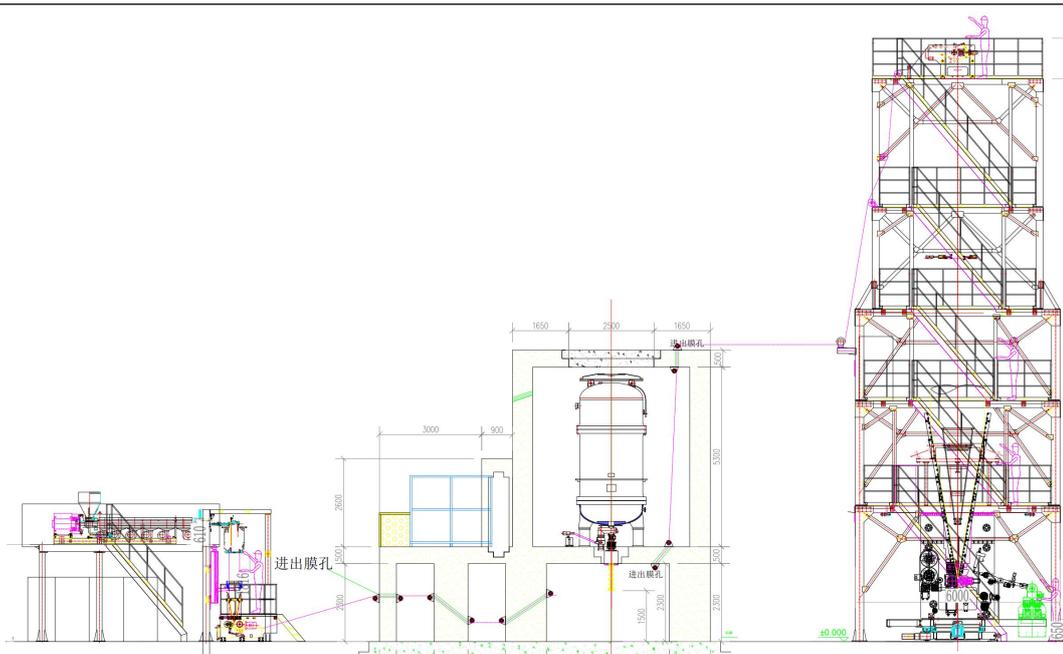


图 11-7 加速器机房膜进出孔示意图

11.2.9 辐射工作人员和公众剂量估算及评价

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A，X 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{E-r} = D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-6} (mSv/a)$$

其中： H_{E-r} ： X 射线外照射人均年有效剂量当量， mSv/a；

D_r ： X 射线空气吸收剂量率， nGy/h。

t ： X 射线照射时间， h/a；

0.7： 剂量换算系数， Sv/Gy。

本项目加速器辐照装置工作实行三班两倒制度，每班 8 小时，平均年运行时间为 250 天。全年辐照装置出束为 6000h。本项目拟配备工作人员共 6 名，均为新增辐射工作人员，每名辐射工作人员年受照时间为 3000h。

根据表 11-1 至表 11-7 的计算结果，可估算出项目运行所致辐射工作人员和公众的年有效剂量，见表 11-8。

表 11-8 辐射工作人员和公众年有效剂量计算结果

参考点		剂量率 ($\mu Sv/h$)	照射时间 (h/a)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)	备注
1-3 号 加速器 辐照室	东南墙外 30cm 处	0.330	3000	1/16	0.619	/
	西南墙外 30cm 处 (控制室)	9.570×10^{-13}	3000	1	2.871×10^{-12}	/

	西北墙外 30cm 处	0.330	3000	1/16	0.619	/
	东北墙外 30cm 处	0.325	3000	1/16	0.609	/
1-3 号 加速器 主机室	东南墙外 30cm 处	0.657	3000	1/16	/	人员无法到达
	西南墙外 30cm 处 (冷水机组、震荡 柜室)	0.014	3000	1/16	/	人员无法到达
	西北墙外 30cm 处	0.657	3000	1/16	/	人员无法到达
	东北墙外 30cm 处	0.917	3000	1/16	/	人员无法到达
	顶部外 30cm 处	1.493	3000	1/16	/	人员无法到达
	拉伸塔	5.512×10^{-12}	3000	1/4	4.134×10^{-12}	/
挤出机	0.781	3000	1/4	0.586	/	
1 号-2 号制膜车间	0.031	3000	1/16	0.058	/	
3#仓库	0.001	3000	1/16	0.002	/	
4 号分切对折车间	1.240×10^{-13}	3000	1/16	2.325×10^{-14}	/	

注：除部分参考点人员无法到达以外，其余参考点均保守以三台加速器同时运行至四周叠加后的辐射剂量率最大值进行保守估计。

根据表 11-8 中的计算结果可知，职业人员在 1-3 号加速器操作室受到的最大年有效剂量为 0.619mSv/a，公众在 1-3 号加速器受到的最大年有效剂量为 0.058mSv/a，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv 剂量约束值要求。

实际工作中辐射工作人员及公众的活动区域与辐照室均有一定的距离，经过距离的进一步衰减后，本项目对工作人员和公众造成的辐射影响将进一步地降低，项目的建设和运行对工作人员和公众影响更符合剂量约束值的要求。

11.2.10 臭氧及氮氧化物环境影响分析

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 B，空气在辐射照射下产生臭氧和氮氧化物等有害气体。氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，且以臭氧的毒性最高，所以主要考虑臭氧的产生及其防护。

①臭氧的产生

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 B 提供的臭氧计算公式为：

$$P = 45dIG$$

式中：P—单位时间电子束产生 O₃ 的质量（mg/h）；

d—电子在空气中的行程（cm），应结合电子在空气中的线阻止本领 $s=2.5keV/cm$ 和辐照室尺寸选取；本项目取 20cm；

I—电子束流强度（mA）；本项目为 40mA；

G—空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 分子数，保守值可取为 10。

由上式计算可得，加速器臭氧产额各为 3.6×10⁵mg/h。

②辐照室臭氧的平衡浓度

臭氧有效清除时间的计算公式为：

$$T_e = \frac{T_v \times T_d}{T_v + T_d}$$

式中，T_e—对臭氧的有效清除时间（h）；

T_v—辐照室换气一次所需时间（h）；本项目风机排风量为 15000m³/h，1 号加速器辐照室体积约为 39.74m³，平均每次换气需要 0.0026h；

T_d—O₃ 的有效分解时间（h），取 5/6h；

由上式计算可得，1 号加速器辐照室臭氧的有效清除时间为 0.0026h。

当长时间辐照时，辐照室内臭氧平衡浓度计算公式为：

$$C_s = \frac{PT_e}{V}$$

式中：C_s—辐照室内臭氧平衡浓度（mg/m³）；

T_e—对臭氧的有效清除时间（h）；1 号加速器辐照室臭氧的有效清除时间为 0.0026h；

V—辐照室的体积（m³）；1 号加速器辐照室体积约为 39.74m³。

由上式计算可得，1 号加速器辐照室臭氧平衡浓度为 23.55mg/m³。

③臭氧的排放

由上述计算结果可知，加速器长期正常运行期间，室内臭氧达到饱和平衡浓度，该浓度大大高于 GBZ2.1 所规定的工作场所最高容许浓度（0.3mg/m³）。因此，当加速器停止运行后，人员不能直接进入辐照室，风机必须继续运行，关闭加速器后风机运行的持续时间公式为：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s}$$

式中，T—为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间（h）；

T_e—对臭氧的有效清除时间（h）；

C₀—GBZ2.1 规定的臭氧的最高容许浓度（0.3mg/m³）；

C_s —辐照室内臭氧平衡浓度 (mg/m^3); 1号加速器辐照室臭氧平衡浓度为 $23.55\text{mg}/\text{m}^3$ 。

由上式计算可得, 加速器停止运行后, 辐照室内通风系统必须继续运行, 1号加速器辐照室通过 0.66min 的通风排气, 辐照室内的臭氧浓度可低于 GBZ2.1 规定的最高容许浓度 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$, 保守考虑将 1号加速器辐照室的通风排气时间设置为 1min 。

因此, 为保证室内臭氧浓度低于容许值, 本项目加速器机房通风系统与控制系统联锁, 加速器停机后, 风机必须继续运行, 只有达到上述预先设定的时间后才能打开防护门。

11.3 加速器运行辐射事故分析

电子加速器是一种将电能转换成高能电子束的设备, 电子束受开机和关机控制, 关机时没有射线发出。因此, 检修方便, 断电状态下也较为安全。在意外情况下, 可能出现的辐射事故如下:

(1) 工作人员或其他人员在门关闭前尚未撤离辐照室、主机室, 电子加速器运行可能产生误照射。在辐照室、控制室内设置有人工紧急停机及开门按钮, 只要未撤离人员了解该按钮的作用, 可避免此类事故的发生。因此, 应设置此按钮醒目的指示和说明并做好工作人员培训, 便于在紧急情况下使用。

(2) 安全联锁装置发生故障状况下, 人员误入正在运行的加速器辐照室、主机室可能产生误照射。只有当联锁装置发生故障情况时, 工作人员强行运行电子加速器机, 才可能发生此类事故。为避免此类事故的发生, 要求工作人员每次上班时首先要检查各联锁装置是否正常。如果联锁装置失灵, 应立即修复, 并严格按照电子加速器操作程序进行生产作业。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用 II 类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

浙江九腾包装材料有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司拟为本项目配备 4 名辐射工作人员，按照三班两倒进行轮值，辐射工作人员均应取得辐射安全培训合格证书或通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗，辐射工作人员持有的辐射安全培训合格证书到期后应当及时参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核。

12.2 安全管理规章制度

本项目为扩建项目，浙江九腾包装材料有限公司已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》针对本项目制定一系列辐射安全管理工作制度，包括辐照加速器操作规程、岗位职责、辐射安全和防护管理制度、设备维修检修制度、人员培训计划、监测方案等，公司还应针对本项目对制度进行补充，并在实际工作中公司不断对其进行完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度要点提出如下建议：

操作规程:公司已明确原有辐射工作人员的资质条件要求、加速器操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，明确了原有加速器操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施，公司还应针对本项目加速器完善相应操作规程，使其具有较强的针对性和可操作性。

岗位职责:已明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

辐射防护和安全保卫制度:企业已根据具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，可将加速器的运行和维修时辐射安全管理加入其中，并列入重点。

设备维修制度:企业已明确测厚仪的设备维修制度，可将加速器机房各项安全联锁装置及设施在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施列入

其中，确保加速器的辐射安全设施有效地运转。明确了每个月定期对加速器和辐射监测设备进行检查、维护，发现问题应及时维修，确保加速器、安全设施、辐射监测仪器等仪器设备保持良好工作状态。重点是辐射安全联锁装置、剂量报警仪或检测仪器必须保持良好工作状态。

人员培训计划:企业已制定人员培训计划，明确了培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到了有据可查。

监测方案:企业已制订辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境部门、卫生健康部门调查处理。发现工作场所监测异常的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告。公司应当对本单位的射线装置的安全和防护状态进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交了上一年度的评估报告。

台账管理制度：企业需对辐照加速器开机使用情况进行登记，标明每次使用的工况、能量、束流、使用时间等。

12.3 辐射监测

一、该公司须定期（每年一次）请有资质的单位对加速器辐照室周围环境进行辐射环境监测，建立监测技术档案。监测资料每年年底向当地生态环境部门上报备案。

（1）监测频度：每年常规监测一次。

（2）监测范围：加速器辐照室屏蔽墙外（人员可达位置）、主机室防护门外、工作人员操作室以及周围其他评价范围等。

（3）监测项目：X 辐射剂量率。

（4）监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

二、公司辐射工作人员佩戴的个人剂量计须每三个月送有资质的单位检定一次，并建立完整的个人剂量档案。

12.4 辐射事故应急

为有效预防和及时控制突发放射性事故，规范放射工作防护管理和突发放射性事故的应急处置工作，提高应对辐射事故的能力，切实保障工作人员及公众的生命安全，根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（2019年修订）、

其他有关法律法规的规定和职能管理部门要求,企业必须结合自身实际,建立《辐射事故应急预案》。

对突发放射性事故,企业应坚持以预防为主、防治结合、严格管理、安全第一的方针,建立和加强相应的监测、应急制度,做到及时发现、及时报告、快速反应、及时控制。同时要不断完善应急反应机制,增强应急处理能力,实现应急工作的科学化、规范化。

(一) 组织机构及职责

①由辐射防护领导机构全面负责辐射事故的应急处理,保障事故处理的有效性、快捷性。

②由总经理或行政主管领导担任总指挥。其职责:听取事故情况汇报,并组织放射防护安全管理领导小组会议,制定处理方案,并及时向生态环境部门、卫生部门和公安部门报告。

③辐射防护领导机构其他成员在总指挥的统一领导下,开展事故现场救援、调查处理和善后处理工作。

(二) 应急处置程序

①发生放射性事故时,现场工作人员应立即采取切断射线装置电源、并报告公司领导。

②公司领导接到报告必须立即赶往现场,并采取封闭现场等有效措施,防止事故的进一步扩大和蔓延,2小时内填写辐射事故初始报告表,明确事故类型(丢失、被盗、误照射等),并根据事故类型及时(两小时内)向当地生态环境、卫生、公安等职能部门报告。

③生态环境部门接到事故报告后立即赶赴现场,进行处理,企业应积极配合,做好相关工作。

④事故发生后,企业应认真配合生态环境部门进行调查。

(三) 还需包括辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。

(四) 该公司应每年至少组织一次事故应急演练,演习报告存盘。

12.5 安全培训及健康管理

(1) 公司须组织辐射工作人员参加有资质单位组织的辐射安全防护培训,并取得培训合格证书。取得培训证书的辐射工作人员应每4年接受一次再培训,

再培训考核合格的方可继续从事探伤工作。

(2) 公司辐射工作人员须配备个人剂量计。个人剂量计每 3 个月送有资质的单位进行个人剂量检测，建立个人剂量档案，并加强档案管理。

(3) 公司须组织辐射工作人员进行职业健康体检，辐射工作人员在岗期间职业健康体检的周期为 1~2 年，但不得超过 2 年，必要时，可适当增加检查次数。辐射健康监护档案应长期保存。

表 13 结论

13.1 实践的正当性

浙江九腾包装材料有限公司拟建 3 间加速器机房，并配备 3 台电子加速器（AB1.2-40 电子加速器），用于配套新建 3 台辐照加速器项目。其加速器运行所致辐射工作人员和周围公众成员的剂量经预测分析符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量管理限值”的要求。因此，只要按规范操作，该公司使用加速器符合辐射防护“正当实践”原则。

13.2 选址合法性、合理性分析

（1）土地利用总体规划符合性、区域规划符合性分析

本项目位于浙江省嘉兴市嘉善县惠民街道惠新大道 123 号，属于 ZH33042120005 嘉善县惠民街道产业集聚重点管控单元，用地性质为工业用地，符合土地利用要求。

（2）产业政策符合性分析

该项目为核技术利用项目，不属于二类、三类工业项目，属于《产业结构调整指导目录》（2019 年本）中鼓励类。因此，项目建设符合产业政策要求。

13.2.1 与“三线一单”的符合性分析

（1）与生态保护红线的符合性分析

根据《嘉善县“三线一单”生态环境分区管控方案》，本工程不涉及生态保护红线区。

（2）与环境质量底线的符合性分析

根据《浙江省水功能区水环境功能区划分方案》（浙江省环境保护厅 浙江省水利厅 2016 年 2 月），本工程不涉及饮用水源等水环境功能区。

本工程所在地执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。根据环境影响评价章节，施工对建设项目周围的环境空气影响很小，营运期产生废气对建设项目周围的环境空气影响很小，不会导致项目所在地大气环境质量下降。

本工程的建设仅为简单的机房建造，占地较小，无临时占地，本工程的实施不会改变所在地土壤性质。

综上所述，本项目的实施不会对周边水、大气、土壤环境产生明显的不利影响。因此，工程建设符合环境质量底线要求。

(3) 与资源利用上线的符合性分析

本项目为核技术利用项目，不新增土地指标，仅涉及电力和水资源利用，工程建设符合资源利用上线的要求。

(4) 与环境管控单元准入清单的符合性分析

根据《嘉善县“三线一单”生态环境分区管控方案》，本工程管控单元分类为 ZH33042120005 嘉善县惠民街道产业集聚重点管控单元。

本项目为核技术利用项目，不属于二类、三类工业项目，不涉及总量控制指标，不属于重点环境风险管控企业，工程符合相关管控单元准入清单要求。

13.3 辐射环境影响分析

1-3 号加速器辐照室墙外 30cm 处辐射剂量最大值为 $0.325\mu\text{Sv/h}$ ，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)规定的电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的规定要求。

1-3 号加速器主机室墙外 30cm 处辐射剂量最大值为 $0.042\mu\text{Sv/h}$ ，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)规定的电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的规定要求。

职业人员在 1-3 号加速器操作室受到的最大年有效剂量为 0.619mSv/a ，公众在 1-3 号加速器受到的最大年有效剂量为 0.058mSv/a ，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv ，公众年有效剂量不超过 0.1mSv 剂量约束值要求。

实际工作中辐射工作人员及公众的活动区域与辐照室均有一定的距离，经过距离的进一步衰减后，本项目对工作人员和公众造成的辐射影响将进一步地降低，项目的建设和运行对工作人员和公众影响更符合剂量约束值的要求。

13.4 污染防治措施

根据本项目初步设计方案可知，具备以下污染防治措施：

一、辐射屏蔽设计

辐照室四周采用钢筋混凝土墙屏蔽，设置弓形迷道；主机室四周采用钢筋混

凝土墙屏蔽，设置 Z 形迷道，主机室出入口采用不锈钢门防护，根据本报告中理论预测分析均能满足本项目的辐射防护要求。

二、安全设施

为了保证加速器正常运行，避免人员误入主机室和辐照室时发生误照射事故。本项目采用加速器安全联锁系统，体现“即使装置出现故障，仍能保证该系统安全”的原则。

(一) **钥匙控制**。本项目的加速器机房均设有控制室，控制室内将设置控制柜。控制柜上设计有加速器的钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动加速器进行出束作业；钥匙开关未闭合状态时，电子加速器无法开机出束。同时，电子加速器的开关钥匙也是加速器机房辐照室和主机室出入口开关钥匙，并且辐照室和主机室出入口的钥匙在防护门未关闭上锁的情况下，钥匙是无法取出的。当工作人员需要打开防护门进入辐照室或主机室时，该工作人员必须携带该加速器的开关钥匙。因此，加速器在开机出束时，由于没有开关钥匙，防护门无法打开；在防护门打开的情况下，加速器无法开机出束。建设单位拟为每台加速器的辐射工作人员配备 2 台个人剂量报警仪，其中 1 台个人剂量报警仪与加速器的开关钥匙相连，加速器的开关钥匙是唯一的且由运行值班长保管使用。

(二) **门机联锁**。加速器辐照室和主机室出入口与加速器束流控制和加速器高压联锁。在防护门未闭合的状态下，电子加速器不能启动工作；在电子加速器高压启动后，一旦防护门被打开，联锁装置将立即切断电子加速器的高压，使电子加速器立即停止出束。

(三) **束下装置联锁**。辐照室内的传输系统均与辐照室内的电子加速器联锁。电子加速器未出束时，当辐照室内的传输系统出现故障时，将不能启动该辐照室的电子加速器进行出束作业；在电子加速器正常出束作业情况下，当辐照室内的传输系统出现故障，将立即切断加速器电源，使得辐照室内的电子加速器立即停止出束。

(四) **信号警示装置**。辐照室和主机室出入口处设置醒目的“当心电离辐射警告标志”和工作状态指示灯及音响警示信号，工作状态指示灯与电子加速器高压连锁，当电子加速器启动时，指示灯将亮起并发出闪烁信号，音响警示装置启动伴有蜂鸣，以提醒周围人员勿靠近。

(五) **巡检按钮**。主机室和辐照室内拟设置“巡检按钮”，并与控制台联锁。电子加速器开机前，辐射工作人员进入主机室和辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留；未按下“巡检按钮”前，电子加速器将不能进行出束作业。

(六) **防人误入装置**。辐照室、主机室人员出入口通道，各设计有3道相互独立的光电报警装置并分别与电子加速器的开、停机联锁。3道光电装置安装高度分别距离地面0.3m、0.6m和1.2m，当有人员误入辐照室、主机室，身体将任意一处红外线挡住后，若电子加速器处于开机状态下，将立即自动切断电源，电子加速器将立即停止出束，同时发出异常情况下的警示声音。在一层辐照室到二楼主机室楼梯口处设置围栏，防止他人误入。通过此措施，防止在电子加速器开机过程中，人员误入辐照室、主机室造成误照射。

(七) **急停装置**。在辐照室、主机室室内各墙面均设计有紧急停机拉线开关，紧急停机开关距地面高度1.4m；在电子加速器控制柜上同样设计有紧急停机按钮开关。所有紧急停机开关均有明显的标志，供应急停机使用。当出现紧急情况时，只需拉下或按下任一紧急停机开关，则该辐照室内的电子加速器将立即切断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将紧急停机开关复位后，电子加速器才能重新启动。在辐照室、主机室内设置有紧急开门按钮，便于人员在紧急情况下撤离辐照室、主机室。

(八) **剂量联锁**。在辐照室和主机室的迷道内拟设置固定式辐射监测系统探头，与辐照室和主机室的出入口门等联锁，显示面板位于控制室内。当显示面板上的辐射剂量率大于预设值时，将发出警告信号，同时主机室和辐照室门无法打开。通过固定式辐射监测系统，辐射工作人员可以及时了解电子加速器的工作情况以及辐照室、主机室中的辐射水平。

(九) **通风联锁**。本项目拟在辐照室设置排风机与控制系统联锁，辐照室排风机正常工作后，电子加速器才能出束；在排风机未正常工作时，电子加速器将无法进行出束作业。在电子加速器正常运行过程中，当排风机发生故障时，电子加速器将立即停止出束作业。加速器的控制软件设计有正常停机后排风机延迟关闭系统，即：电子加速器正常停止出束后，即使对排风机发出停止工作指令，排风机将按预设时间继续工作。若电子加速器非正常停止出束，则排风系统的运行不受限制。

(十) **烟雾报警**。本项目拟在辐照室设置烟雾报警装置，遇有火险时，电子加速器将立即停机并停止通风。

(十一) **实时摄像监视**。本项目拟在辐照室内设置摄像监视系统，监控图像实时显示在控制室的监控电视上，使控制室的工作人员可清楚地观察到辐照室内电子加速器的工作情况，如发生意外情况可及时处理。

综上所述，本项目辐射安全设计能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)的相关要求及辐射安全防护需求。

三、监测仪器和防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，开展工业辐照的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

建设单位拟为本项目配备辐射巡测仪 3 台、个人剂量报警仪 6 台。辐射工作人员工作时将佩戴个人剂量计，以监测累积受照情况，并定期送有资质部门监测个人剂量，建立放射工作人员个人剂量监测档案。公司拟定期组织辐射工作人员进行健康体检，并将按相关要求建立放射工作人员职业健康监护档案。

13.5 辐射环境管理制度

该公司在从事辐射操作前，必须制定《辐射安全管理机构成立文件》《辐射安全管理制度》《辐射防护和安全保卫制度》《电子加速器使用登记制度》《自行检查与年度评估制度》《工作场所监测制度》《使用场所安全措施》《岗位职责》《操作规程》《设备检修维护制度》《人员培训计划》《监测方案》《辐射事故应急预案》等规章制度，公司原从事放射源操作的辐射人员与本项目辐射工作人员不可混用。

13.6 安全培训及健康管理

从事辐射操作的工作人员参加辐射安全和防护知识培训，通过辐射安全和防护考核后才能上岗，并需佩戴个人剂量计，每 3 个月检测一次，建立个人剂量档案。辐射工作人员上岗前须进行体检，并每两年进行一次职业健康检查，建立个人健康档案。在本公司从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也要进行放射性职业健康体检。

13.7 结论

综上所述,浙江九腾包装材料有限公司在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施和辐射环境管理计划后,本次新建的加速器开展辐照工作时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求,故从辐射环境保护角度论证,本项目的建设和运行是可行的。